



**FACULTAD DE INGENIERIA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**TERMOECONOMIA DE LA IMPLEMENTACION FREE
COOLING EN LAS SALAS TECNICAS DEL PROYECTO
DE BANDA ANCHA EN LA REGION LA LIBERTAD**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor

Bach. Velasquez Pascual, Kelvin Ivan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2933-7358>

Asesor

MSc. Rojas Coronel, Angel Marcelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Línea de Investigación

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente

Pimentel – Perú

Año 2024

**TERMOECONOMÍA DE LA IMPLEMENTACION FREE COOLING EN LAS SALAS
TECNICAS DEL PROYECTO DE BANDA ANCHA EN LA REGION LA LIBERTAD**

Aprobación del jurado

Dra. GASTIABURU MORALES SILVIA YVONE

Presidente del Jurado de Tesis

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

Secretario del Jurado de Tesis

MSc. ROJAS CORONEL ANGEL MARCELO

Vocal del Jurado de Tesis



DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado (s) del Programa de Estudios de **Ingeniería Mecánica Eléctrica** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

TERMOCANONÍA DE LA IMPLEMENTACION FREE COOLING EN LAS SALAS TECNICAS DEL PROYECTO DE BANDA ANCHA EN LA REGION LA LIBERTAD

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Velasquez Pascual, Kelvin Ivan	DNI: 71041607	
--------------------------------	---------------	--

Pimentel, 03 de mayo de 2024.

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios, por permitir alcanzar mis metas. A mi esposa Threysi y a mis hijos Any, Gabriel y Nathan por su paciencia y constante apoyo moral en todo momento. A mis padres Vilner y Liliana por brindarme siempre sus consejos y apoyo desinteresado por mi superación profesional.

Agradecimientos

Agradezco a Dios a través de su amado hijo Jesús, por estar siempre presente en todo momento, cuando tuve mis tropiezos y que de cierta manera me ha enseñado a perdurar en su palabra y, con la esperanza de ser algún día un digno sirviente de su obra para su gloria eterna.

Índice

Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	5
Resumen.....	10
Abstract.....	11
I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad Problemática.....	12
1.2. Formulación de problema.....	22
1.3. Hipótesis.....	22
1.4. Objetivo General.....	22
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	23
II. MATERIALES Y METODOS.....	29
2.1. Tipo y Diseño de Investigación.....	29
2.2. Variables, Operacionalización.....	29
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	31
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Valides y Confiabilidad.....	33
2.5. Procedimiento de Análisis de Datos.....	34
2.6. Criterios Éticos.....	35
III. RESULTADOS Y DISCUSION.....	37
3.1. RESULTADOS.....	37
3.2. DISCUSION.....	70
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
4.1. Conclusiones.....	71
4.2. Recomendaciones.....	72
V. REFERENCIA.....	74
VI. ANEXOS.....	75

Índice de Tablas

Tabla 01	27
Tabla 02	30
Tabla 03	34
Tabla 04	40
Tabla 05	43
Tabla 06	46
Tabla 07	49
Tabla 08	51
Tabla 09	53
Tabla 10	56
Tabla 11	59
Tabla 12	61
Tabla 13	65
Tabla 14	69
Tabla 15	72
Tabla 16	73
Tabla 17	74
Tabla 18	76

Índice de Figuras

Figura 01	15
Figura 02	17
Figura 03	18
Figura 04	19
Figura 05	23
Figura 06	25
Figura 07	26
Figura 08	44
Figura 09	45
Figura 10	50
Figura 11	52
Figura 12	55
Figura 13	59
Figura 14	64
Figura 15	68
Figura 16	69
Figura 17	72
Figura 18	77

Índice de Anexos

Anexo 01	83
Anexo 02	84
Anexo 03	85
Anexo 04	86
Anexo 05	86
Anexo 06	87
Anexo 07	88
Anexo 08	89

Resumen

La tesis de pregrado titulada “Termoeconomía de la Implementación Free Cooling en las Salas Técnicas del Proyecto de Banda Ancha en la Región La Libertad” se enfoca en un análisis de la implementación de un sistema que aproveche la baja entalpía térmica para refrigeración dentro de las salas técnica. El objetivo principal es evaluar y analizar la viabilidad en los tópicos de ahorro de energía, contaminación ambiental y económico. En lo que respecta a los antecedentes, se establece una total dependencia del uso de la energía eléctrica para el funcionamiento habitual de diversos equipamientos eléctricos y electrónicos dentro las Sala técnica.

La metodología empleada involucro un análisis detallado del comportamiento de la temperatura, humedad y radiación de cada localidad, lo que permite calcular el gradiente de entalpía térmica característico, para luego seleccionar el equipo de aire acondicionado con sistema de enfriamiento por Free-cooling, en el cual luego se evaluó la cantidad de energía térmica que se ahorra, el ahorro económico, el TIR y la disminución de aporte de CO₂. Los resultados un ahorro energético del 54%, la disminución de 678 tn de CO₂ al año y un ahorro económico de S/. 520 212.00 al año. Además, se un TIR de 7 meses.

Este estudio logro proyectar una tendencia considerable al uso de energías limpias y/o renovables, a fin de que podamos disminuir el consumo energético en diversas regiones o localidades donde existe un déficit en la atención de energía eléctrica, y para este proyecto estatal se establece un uso ininterrumpido de la energía debido a la poca demanda de electricidad que necesita de la concesionaria eléctrica.

Palabra Clave: Free-cooling, Entapia, Termoeconomía.

Abstract

The undergraduate thesis titled “Thermoeconomics of the Free Cooling Implementation in the Technical Rooms of the Broadband Project in the La Libertad Region” focuses on an analysis of the implementation of a system that takes advantage of low thermal enthalpy for cooling within the rooms. . technique. The main objective is to evaluate and analyze the feasibility of energy saving, environmental and economic pollution. Regarding the background, a total dependence on the use of electrical energy is established for the normal operation of various electrical and electronic equipment within the Technical Room.

The methodology used involves a detailed analysis of the behavior of the temperature, humidity and radiation of each location, which allows calculating the characteristic thermal enthalpy gradient, to then select the air conditioning equipment with a Free-cooling cooling system, in which which was then evaluated the amount of thermal energy saved, the economic savings, the TIR and the reduction in CO₂ contribution. The results are an energy saving of 54%, a reduction of 678 tons of CO₂ per year and an economic saving of S/. 520 212.00 per year. In addition, there is an IRR of 7 months. This study managed to project a considerable trend towards the use of clean and/or renewable energies, so that we can reduce energy consumption in various regions or localities where there is a deficit in the provision of electrical energy, and for this state project a uninterrupted use of energy due to the low demand for electricity needed from the electricity concessionaire.

Keyword: Free-cooling, Entapia, Thermoeconomics.

I. INTRODUCCIÓN.

1.1. Realidad Problemática.

A nivel global la demanda de electricidad es ascendente y cada vez es mayor la huella de carbono de los centros de datos en todo el mundo y en efecto ello representa un enorme desafío para el desarrollo sostenible de la humanidad.

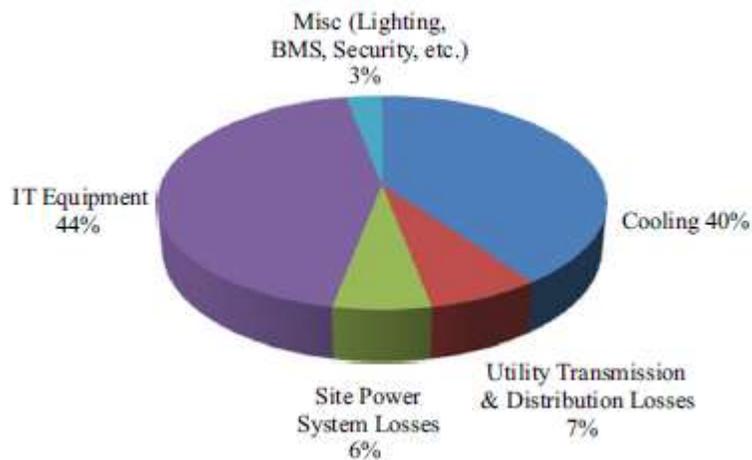
Según [1] indica que a nivel mundial las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) representan el 2.5% al 3% del aporte de emisiones globales de gases de efecto invernadero y se pronostica que esta participación aumente al 14% hasta el 2040 lo que sugiere que en la actualidad la creciente demanda de las TIC corresponde aun ascendente uso de los centros de datos y en efecto una importante participación en el consumo global de energía eléctrica.

Según [2] establece que el consumo de energía eléctrica en un centro de datos (Data Center) corresponde en 3 tipos de usos: 35% en consumo eléctrico en equipamiento de servidor, 15% en consumo eléctrico convencional (iluminación, tomacorrientes, entre otros) y un 50% en consumo por refrigeración de servidores. Se establece el grado importante de participación de la refrigeración en las Salas Técnicas (Data center).

Según [3] el consumo de energía eléctrica de refrigeración representa el 30% al 50% del consumo total de los centros de datos a causa del sistema de refrigeración ineficaz. La refrigeración gratuita es una alternativa de solución eficaz para aminorar el consumo de energía eléctrica de los sistemas de refrigeración.

Según [3] Un sistema de aire acondicionado y/o refrigeración de un centro de datos de manera tradicional tiene un consumo energético considerable respecto al consumo total de los centros de datos, tal como se muestra en la figura N° 01, El consumo de energía del equipamiento de TI, instalaciones internas de alumbrado y tomacorrientes, etc corresponde a un 60%, en efecto el consumo energético del sistema de refrigeración supone un 40%.

Figura N°01 Ejemplo de consumo de energía de centro de datos.



Fuente: Free cooling of data centers: A review [3]

El sistema de refrigeración tradicional consume una gran cantidad de energía a debido a tres razones principales. [3]

- Alto consumo energético de la fuente de frío. El sistema tradicional de de vapor tradicionales necesitan trabajar todo el tiempo, incluso noche o en invierno, cuando la temperatura es baja.
- Gran consumo de energía en el sistema de tuberías, se utiliza mucha energía para transportar agua fría o aire, se utilizan mucha energía para transportar el agua fría o el aire. Además, el transporte a larga distancia provoca la pérdida de la fuente de frío.
- Mezcla de flujos de aire frío y caliente. El arrastre del aire caliente en los pasillos fríos es muy frecuente debido a la falta de dispositivos de dispositivos de control del flujo de aire

Según [4] el análisis estadístico de la Oficina de Energía del Ministerio de Asuntos económicos de los consumidores de alta energía (Demanda mayor a 800 kW) de las industrias nacionales no manufactureras, en sus centros de datos, la energía consumida es 2,5 veces mayor a la energía consumida por sus grandes almacenes. Los centros de datos de Taiwan y

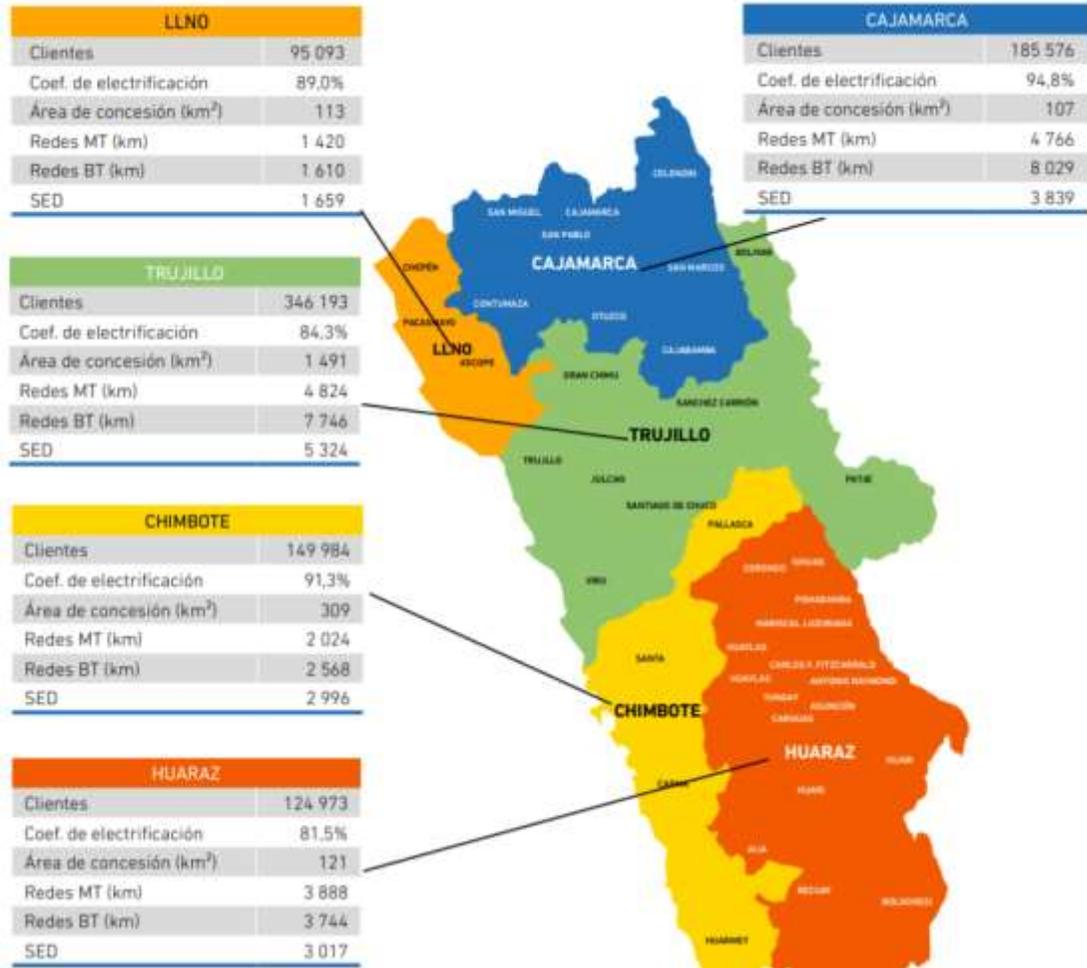
Silicom Valey (California) la energía consumida por los sistemas de aire acondicionado representa alrededor de un 40% del consumo total de energía.

En la actualidad, el cambio climático y la contaminación ambiental son una de las principales preocupaciones del ser humano. En uso de las energías renovables forman parte de una solución, para lograr eliminar y/o atenuar el impacto de emisiones contaminantes. Existen diversas zonas en el territorio peruano donde es posible el aprovechamiento de estas energías limpias y son necesarias las instalaciones tecnológicas de captación de esos recursos renovables.

Por otro lado, el proyecto de instalación de banda ancha en la región de La Libertad tiene por objetivo aumentar el acceso a los servicios de telecomunicaciones en los distritos de la región, a través de la ampliación de Redes de Transporte de Banda Ancha para alcanzar a las capitales del distrito, y así beneficiar a 730 localidades entre urbanas y rurales que cuya población beneficiaria asciende a 305,310 mil habitantes. (Pronatel, 2021). [5]

Debido a que se proyecta una demanda puntual de energía eléctrica para cada distrito beneficiado cuyas redes eléctricas secundarias en su mayoría en zonas rurales tienen una escasa reserva de suministro eléctrico para atender a nuevos suministros eléctricos. Según Hidrandina S.A.A. (Concesionaria eléctrica de la región) el coeficiente de electrificación de la población es de 84.3%, es decir existen 15.7% de la población que no cuentan con acceso a la energía eléctrica, y esto generada una desventaja a la demanda de energía eléctrica de cada nodo óptico a implementar por cada distrito. [6]

Figura N°02 Cobertura de concesión de Hidrandina



Fuente: Hidrandina. (Hidrandina, 2019) [6]

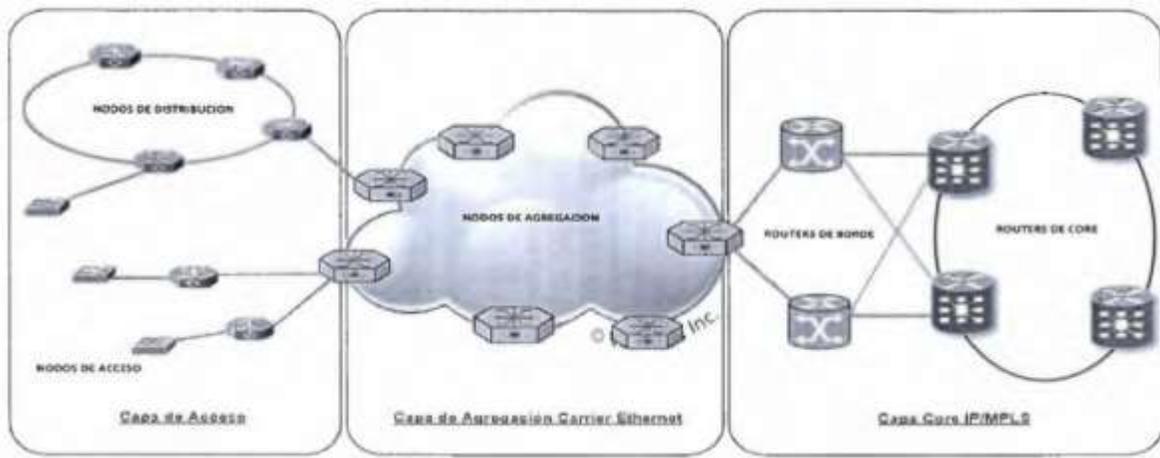
Como se ha relatado antes, el proyecto de instalación de banda ancha en la región de La Libertad tiene por objetivo aumentar el acceso a los servicios de telecomunicaciones en los distritos de las Regiones La Libertad, a través de la ampliación de Redes de Transporte de Banda Ancha para alcanzar a las capitales de distrito, localidades rurales y lugares de preferente interés social de dichas regiones.

El proyecto permite brindar:

- El servicio público de acceso a Internet a instituciones públicas (dependencias policiales, locales escolares de gestión pública y establecimientos de salud) así como sostener la demanda de dicho servicio de otras instituciones públicas y organizaciones privadas, y de las personas o familias que habitan en esas zonas beneficiarias.
- El acceso a Intranet a las instituciones públicas.

La fibra óptica será desplegada sobre la infraestructura de las redes eléctricas de transmisión y distribución de las empresas distribuidoras o generadoras de electricidad y la implantación de postes simultaneo sobre el derecho de vía en algunos tramos de la red vial existente, de la región de La Libertad.

Figura N°03 Representación del conexionado de fibra óptica de los nodos transporte



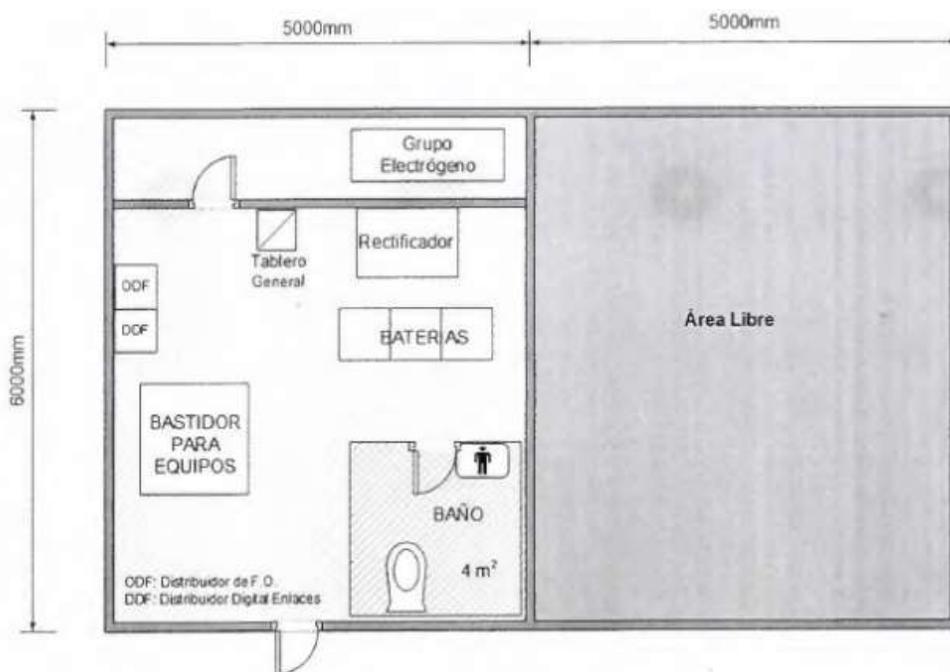
Fuente: Pronatel. [5]

Consumo eléctrico de un nodo óptico

Características Nodo De Transporte

- Un nodo de transporte cuenta con un área mínima de 60m², en el cual se distribuyen diversos ambientes, sala de equipos, sala de fuerza, baño, y área libre.
- Sala de equipos: ambiente destinado a alojar equipos de datos (Routers, Switches), Rectificadores y baterías con autonomía de 8 horas y equipo de climatización.

Figura N°04 Nodo óptico de distribución



Fuente: Pronatel. [5]

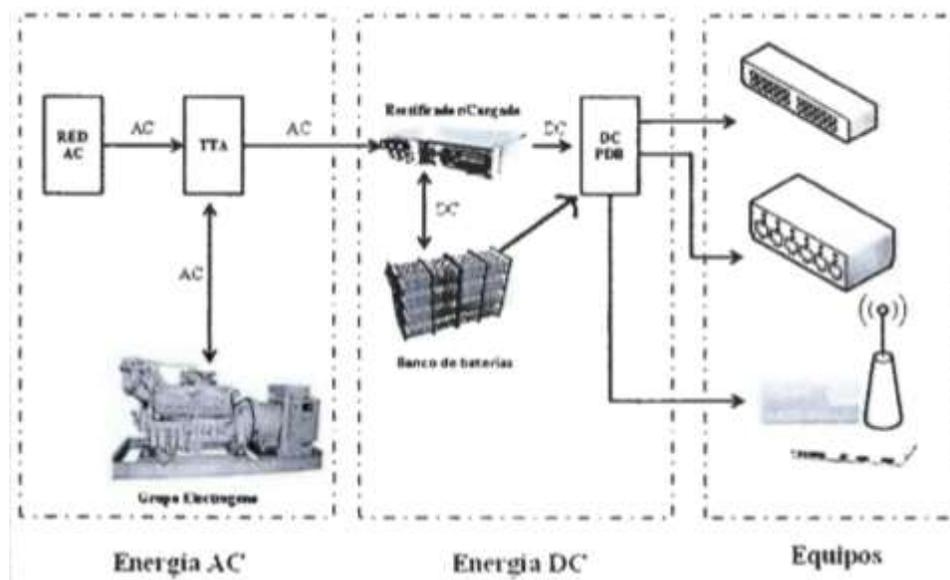
Equipamiento eléctrico en un nodo óptico de transporte:

En un nodo de transporte se encuentran dos tipos de corrientes eléctricas, DC y AC, y su uso corresponde al tipo de equipos que se utilizan. En la figura N°05 se aprecian 3 fases de la distribución eléctrica acorde al tipo de corriente eléctrica:

Consumo AC: Inicia desde el suministro eléctrico de la red comercial del distrito, se gestiona por el tablero de transferencia TTA y por el respaldo del grupo electrógeno 20 kVA, y finaliza en el consumo de entrada del rectificador, aire acondicionado, iluminación y tomacorrientes.

Consumo DC: Inicia desde la salida de corriente DC del rectificador, y la carga de las baterías que dan una autonomía de 8 horas a la carga. La fase final es el consumo de energía DC que necesitan los Routers y Switches en 48VDC.

Figura N°05 Esquema eléctrico de un nodo de transporte



Fuente: Pronatel. [5]

Se han realizado diversas investigaciones a fin de aminorar la participación del consumo eléctrico en el enfriamiento de las Salas Técnicas (Data Center), debido a su importancia para disminuir el consumo total de energía eléctrica. A continuación, veremos los trabajos relacionados:

Según [7], en el año 2012 se proporcionó una nueva estrategia de control de VCT para garantizar el ambiente interior y maximizar el ahorro de energía y se descubrió un método de evaluación de simulación para el ahorro de energía de APV en la Universidad Tecnológica del

Sur de China. Se tomó la ciudad de Guangzhou, como ejemplo, las relaciones entre cada factor de influencia, como la tasa de cambio de aire (10 - 50 h), el punto de ajuste de alta temperatura de los acondicionadores de aire (26 a 30 °C), el calor interno (500 W – 4 kW) , se calculó la relación de eficiencia energética de los acondicionadores de aire (2,5 - 4,0) y la potencia de un solo ventilador (25 - 65 W) y la energía ahorrada anual de VCT, respectivamente.

Según [4], en el año 2013, se realizó un análisis del potencial de ahorro de energía del enfriamiento gratuito del lado del aire para centros de datos en 17 zonas climáticas del mundo. Con las condiciones climáticas de las 17 zonas: Singapore, Jodhpur, Taipei, Cairo, Algiers, Tunis, Adelaide, Brest, Albacete, Astoria, Hamburg, Dunhuang, Victoria, Moscow, Karamay, Ostersund, Yakutsk y considerando una temperatura interior a 27 °C, los resultados del análisis comparativo sobre la contribución proporcional de los centros con enfriamiento gratuito ubicadas en 17 zonas climáticas superan el 90% de la carga máxima de refrigeración total, además los resultados indicaron que se requiere deshumidificación en zonas climáticas cálidas-húmedas debido a la alta humedad del aire exterior.

Según [3], en el año 2014 se determinó los diversos enfriamientos gratuitos de los centros de datos en Universidad de la Academia de Ciencias de China, se estableció que para el método de uso directo del aire exterior de enfriamiento, el economizador directo con un sistema de controles, compuertas y ventiladores en un centro de datos gestionan el 40% del consumo total que utiliza tecnología de enfriamiento gratuito, La empresa Intel realizó un 10 meses prueba de enfriamiento de aire en un centro de datos de 10 megavatios (MW) y el resultado mostró un ahorro energético anual de 2,87 millones de dólares.

Según [8], en el año 2016 se realizó una evaluación a 196 estaciones base de telecomunicaciones de cuatro zonas climáticas principales de China. El método de análisis de sensibilidad y simulación dinámica para permitir la nueva regla "un punto de referencia de energía para un grupo de estaciones base de telecomunicaciones similares" en lugar de la regla

tradicional "un punto de referencia para un edificio evaluado". El nuevo método limita razonablemente el número de evaluaciones comparativas y se establece un sistema de evaluaciones comparativas viable para la gestión de numerosas estaciones base de telecomunicaciones.

Según [9], en el año 2017, Se realizó un análisis de ahorro de energía del sistema de enfriamiento gratuito en el centro de datos en China, Zona de Jinan por la Escuela de Ingeniería Térmica, Universidad de Shandong Jianzhu. Se logró establecer el tiempo de funcionamiento de la máquina frigorífica trabaja a 20 horas al día cálculos, con 80% de carga de la máquina frigorífica, y ahorro de precios de la electricidad calculados a 0,8 yuanes / grado.

Según [2], en el año 2017, Se realizó un estudio y una descripción general del estado actual de las tecnologías de enfriamiento gratuito aplicables a los centros de datos por la Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Nacional Chiao Tung. Se indica que a la actualidad se tienen diferentes mecanismos o tipo de soluciones de implementación Free cooling aplicables, como son: Economizadores de la zona de operaciones, Economizadores de agua y Tecnología de tubo de calor. Se concluye que se requieren con urgencia gestiones energéticas eficaces, especialmente para relajar la carga de refrigeración mediante sistemas de refrigeración.

Según [10], en el año 2021 se determinó el potencial de enfriamiento gratuito de los centros de datos de 14 ciudades para las condiciones brasileñas. Los criterios de temperatura y humedad del aire ambiental de enfriamiento gratuito se basan en la revisión de la literatura y en las pautas térmicas de ASHRAE y las condiciones climáticas de las 14 ciudades: Porto Alegre, Florianópolis, Curitiba, São Paul, Rio de Janeiro, Vitória, Brasília, Salvador, Maceió, Recife, Natal, Fortaleza, São Luís, Belém. Los resultados muestran que ciudades como Curitiba, São Paulo, Porto Alegre y Brasilia pueden operar potencialmente en los modos de economización tanto del lado del aire como del lado del agua durante más de 3000 h por año, incluso considerando los límites de operación térmica conservadores del centro de datos.

El estudio se enfoca en la recopilación de los datos meteorológicos de las localidades de la Región La Libertad por medio de informes estadísticos de comportamiento de dichos parámetros a través de los últimos años.

En base a la información meteorológica, se realizó el análisis del comportamiento de temperatura y humedad, para luego calcular la entalpia disponible de aire frío que sugiere el ambiente exterior de cada localidad y en efecto definir el correcto sistema de enfriamiento gratuito Free-cooling para cada Sala técnica en cada localidad, destacando el ahorro energético, disminución de emisiones de CO₂ y ahorro económico que representa la disminución del consumo eléctrico en general.

La investigación finaliza con el correcto dimensionamiento del sistema Free-cooling en las salas técnicas de cada localidad de la Región La Libertad, denotando que según a mayor disponibilidad de aire frío exterior (entalpia) mayor es el ahorro energético, ambiental y económico, facilitando el acceso a la energía eléctrica disponible en cada zona de la concesionaria eléctrica y asegurando su abastecimiento.

Esta investigación rescata la importancia del uso de las energías renovables y/o energías disponibles en el ambiente, a fin de acrecentar el interés en buscar alternativas de solución en el ahorro de energía y el uso eficiente de la misma.

Es por ello que el estudio determina el beneficio técnico económico de la implementación de climatización free cooling para poder atender la demanda total y/o parcial que requiere las estaciones ópticas.

Esta investigación y sus resultados fomentan el interés del uso razonable de la energía, el cual representa el recurso de libre disponibilidad del aire frío y que puede ser aprovechado para cualquier sistema eléctrico de climatización en centros de datos, representan cero niveles de contaminación al medio ambiente y no vulnerabilidad a la salud de la población.

1.2. Formulación de problema.

¿Cuál es el beneficio técnico económico de la implementación de climatización free-cooling en las salas técnicas en nodos ópticos del proyecto de instalación de banda ancha de la región de La Libertad?

1.3. Hipótesis.

El sistema de refrigeración directa de aire brinda mayor eficiencia de climatización y a menor coste de inversión en las salas técnicas en nodos ópticos del proyecto de instalación de banda ancha de la región de La Libertad

1.4. Objetivo General.

Determinar el aporte de eficiencia de energía y ahorro económico que brinda la implementación de climatización free-cooling en las salas técnicas en nodos ópticos del proyecto de instalación de banda ancha de la región de la libertad

Objetivos específicos.

- Determinar las condiciones climáticas en las diversas localidades de la región de La Libertad con una estación óptica.
- Determinar la máxima demanda de electricidad de una estación óptica.
- Determinar el potencial energético de aire frío exterior disponible de cada en las diversas localidades beneficiadas de la región de La Libertad.
- Analizar el ahorro energético que implica la implementación climatización free cooling en las estaciones ópticas.
- Analizar la reducción de CO2 que implica la implementación climatización free cooling en las estaciones ópticas.
- Analizar el ahorro económico que implica la implementación climatización free cooling en las estaciones ópticas.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Apartado Técnico

Temperatura exterior del aire.

La temperatura es la magnitud física que expresa el nivel o grado de frío o calor que un objeto, cuerpo o ambiente. En el caso del ambiente, dicha temperatura se define como un rango de temperaturas del aire que oscila durante el tiempo y la ubicación geográfica. Su unidad de medida es los grados centígrados “°C” y también en grados Kelvin “°K”.

Humedad relativa

Es la relación entre la cantidad de agua contenida en el aire y la cantidad máxima de agua contenida en el aire que puede soportar a esa misma temperatura. Su unidad de medida es en porcentaje “%” y se podría describir también como el porcentaje de saturación de agua contenida en el aire exterior.

Altitud a nivel del mar

Es la medida de la altura de un punto específico con respecto al nivel promedio del mar. Este parámetro es diverso según la ubicación geográfica específica de cada lugar y es importante para establecer el comportamiento de diversos parámetros físicos característicos como, por ejemplo: presión atmosférica, densidad o volumen específico del aire.

Presión atmosférica

Es el peso de la masa de aire que ejerce una fuerza sobre la superficie de la tierra. Este parámetro se calcula según las condiciones climáticas del ambiente, según la temperatura, humedad relativa y altitud correspondiente.

El cálculo de la presión atmosférica se establece con la siguiente fórmula:

$$P_{atm} = 10.3297 \times (1 - 0.0065 \times H_{atm} / (273 + T_{ex}))^{5.2561} \quad (1)$$

Donde:

Patm : Presión atmosférica (kPA).

Hatm : Altitud al nivel del mar (metros).

Tex: Temperatura ambiental exterior (°C).

Volumen especifico

Es la relación entre la cantidad de volumen y el peso de un material en un espacio definido. Este parámetro es una característica importante en el aire exterior, ya que se relaciona con la temperatura exterior y la presión atmosférica de una ubicación específica.

El cálculo del volumen especifico se establece con la siguiente formula:

$$v_{esp} = Ra \times (273 + T_{ex}) / P_{atm} \quad (2)$$

Donde:

v_{esp} : Volumen especifico (m³/kg).

Ra : Constante ideal de gases "aire" 287 J/kg.K

Tex: Temperatura ambiental (°C).

Patm : Presión atmosférica (kPA).

Entalpia especifica de aire húmedo

La entalpia es la cantidad de calor que intercambia el aire con el ambiente exterior, es específica cuando se mide por unidad de masa.

Ahora, el aire exterior maneja cierto contenido de agua según el grado de humedad relativa correspondiente; en base a estas consideraciones se establece un parámetro de entalpia

especifica de aire húmedo, que corresponde a la cantidad de calor del aire húmedo que interactúa con el medio circundante.

El cálculo de la entalpia especifica de aire húmedo se establece con la siguiente formula:

$$h_{esp} = (0.24xT_{ex}) * (595 + 0.46xT_{ex})x \left(0.662x0.611xe^{\left(\frac{17.27xT_{ex}}{273+T_{ex}}\right)} \right) x \frac{\%H}{P_{atm}} x 4.184 \quad (3)$$

Donde:

Patm : Presión atmosférica (kPA).

%H : Humedad relativa (%).

Tex: Temperatura ambiental exterior (°C).

Análisis estadístico de datos climáticos

Importancia.

El comportamiento de la temperatura exterior del aire es muy variado durante un periodo de tiempo, y si se requiere establecer un patrón de comportamiento matemático de la temperatura, se necesita realizar un estudio estadístico, aplicando distribuciones de probabilidad, el cual ayuda a generar una tendencia matemática específica.

Distribución de probabilidad.

Una distribución de probabilidad normal es una lista de valores asociados a un patron estadístico y sucede cuando dichos valores de distribuyen de manera uniforme alrededor de un valor promedio.

Para establecer la distribución normal, es necesario considerar la siguiente formula de función de densidad:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} x e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

Donde:

$f(x)$:Densidad de probabilidad de un valor.

μ : Media aritmética

σ : Desviación típica

Free cooling en centro de datos

En base al alto consumo de energía eléctrica que demanda un sistema de refrigeración de un centro de datos, surge la posibilidad de utilizar una fuente de energía complementaria que pueda aminorar el consumo sustancial, por medio de un sistema de enfriamiento gratuito o llamado Free cooling.

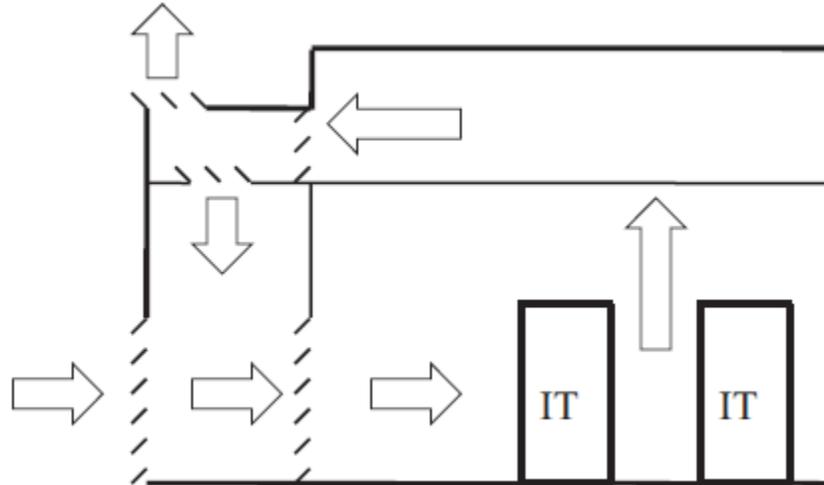
Consiste en utilizar aire del exterior en vez de recircular aire del retorno, por tener unas características energéticas que le hacen más eficiente energéticamente que el aire procedente del retorno.

Se pueden plantear los siguientes casos: Refrigeración directa por aire y Refrigeración indirecta por aire.

Refrigeración directa por aire.

La refrigeración directa por aire es el método de enfriamiento de aire frío exterior más simple. Según la figura N° 06 se aprecia que el aire exterior ingresa de manera directa al ambiente o centro de datos mediante un sistema de controles, amortiguadores y ventiladores cuyo ingreso es total o parcial de acuerdo a la demanda de desplazamiento de carga térmica.

Figura N°06 Diagrama esquemático de Refrigeración directa por aire.

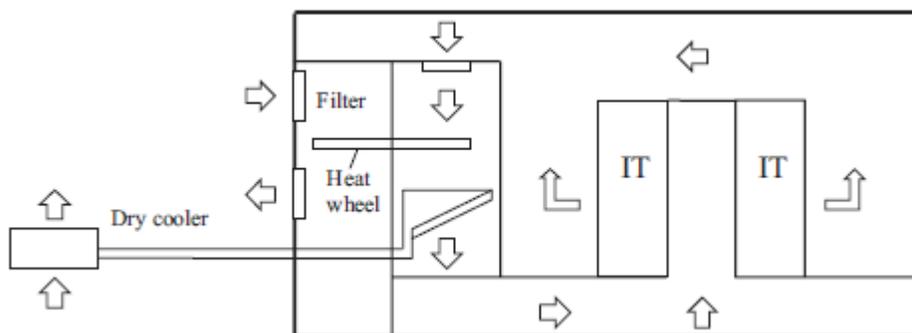


Fuente: Free cooling of data centers: A review. [3]

Refrigeración indirecta por aire.

La refrigeración indirecta por aire, según la figura N° 07 se aprecia que el aire exterior ingresa de manera indirecta al ambiente, se basa en la operación de un intercambiador de calor de aire a aire que permite el enfriamiento del aire interno y de cierta forma no permite que el aire interno del centro de datos cambie drásticamente otro parámetro físico más que la temperatura de circulación, el cual es el objetivo principal.

Figura N°07 Diagrama esquemático de Refrigeración indirecta por aire



Fuente: Free cooling of data centers: A review [3]

Comparación entre la refrigeración directa y la indirecta.

Existe una sustancial diferencia entre ambos métodos de refrigeración, y lo diferencia el intercambiador de calor que está incorporado como solución del a refrigeración indirecta. En la Tabla N° 01 se indica la comparación de ambas soluciones. [2] [2]

Tipo	Refrigeración directa en el aire	Refrigeración indirecta del lado del aire
Eficiencia	La compresión frigorífica ciclo de refrigeración no es necesario cuando las condiciones exteriores son favorables, pero la potencia del ventilador aumenta a medida que los filtros se obstruidos	Menor eficiencia debido a un intercambiador de calor más entre el aire exterior y el interior
Capital costo	Menor coste de capital para sistemas prefabricados	Estos sistemas normalmente cuestan más que la refrigeración directa en el aire refrigeración directa
Costo operativo	Mayor coste energético para geografías con alta temperatura y humedad Mayor coste de mantenimiento debido a la sustitución del filtro	Menor costo de operación y coste de mantenimiento ya que el aire exterior está aislado completamente por medio de un intercambiador de aire, lo que se traduce en mayor número de horas en modo horas en modo economizador

Tabla N°01 Comparación entre la refrigeración directa y la indirecta

Fuente: A review of current status of free cooling in datacenters. [2]

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Tipo y Diseño de Investigación.

Tipo de investigación:

La investigación es de tipo aplicada ya que se utilizará con datos numéricos para la recopilación de datos sobre las condiciones climáticas en las diversas localidades de la región de La Libertad, para luego estimar el potencial energético de aire frío exterior disponible en las diversas localidades beneficiadas.

Diseño de investigación:

La relación de dependencia entre las variables (Causa – efecto), establece que esta investigación a ser tratado mediante un análisis cuasi-experimental, donde se calcularan la disponibilidad de aire frío de cada localidad, teniendo como resultado el nivel de ahorro energético, ambiental y económico de la región correspondiente.

2.2. Variables, Operacionalización.

Variables

Tabla N°02 Variables independientes y dependientes

Fuente: Propia

Tipo	Variable
Independiente	<ul style="list-style-type: none">• Humedad relativa (%).• Temperatura de bulbo seco (°C).• Máxima demanda eléctrica.
Dependiente	<ul style="list-style-type: none">• Energía de enfriamiento free cooling.• Emisiones de CO₂.• Consumo eléctrico optimizado.

Operacionalización de variables

Tabla 3: Variables de estudio

Variables independientes	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Técnicas e Instrumentos de recolección
Humedad relativa	Humedad relativa del aire	% HR.	$\%HR = \frac{\text{masa vapor de agua (kg)}}{\text{masa de aire seco (kg)}}$	Guía de observación
Temperatura de Bulbo Seco	Temperatura del aire	°C	Temperatura de aire frio	Guía de observación
Maxima Demanda Electrica	Consumo eléctrico de Nodo	kW	$P_{MD} = \frac{\text{Energia electrica consumida (kWh)}}{\text{Periodo de tiempo (h)}}$	Guía de observación

Tabla 4: Variables de estudio

Variables dependientes	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Técnicas e Instrumentos de recolección
Energía de enfriamiento free cooling.	Potencia térmica	kW	Ubicación geográfica Temperatura de aire exterior Temperatura de confort	Guía de observación
Emisiones de CO ₂ .	Nivel de emisiones de Dioxido de Carbono	kg de CO ₂	$\text{Emision } CO_2 = \text{Factor} \left(\frac{\text{kg}CO_2}{\text{kW}} \right) * \text{Consumo (kW)}$	Guía de observación
Consumo eléctrico optimizado.	Potencia eléctrica	kW	$\text{Consumo Optimo (kW)} = P_{MD} - \text{Consumo Free cooling}$	Guía de observación

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.

Población:

El trabajo conlleva el total de las 89 localidades beneficiadas con la implementación de nodos ópticos por cada una respectivamente en la región La Libertad.

Tabla N°05 Listado de los nodos ópticos de la Red De Transporte en La Libertad

Nº	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO
2	LA LIBERTAD	EL PORVENIR
3	LA LIBERTAD	FLORENCIA DE MORA
4	LA LIBERTAD	HUANCHACO
5	LA LIBERTAD	LA ESPERANZA
6	LA LIBERTAD	LAREDO
7	LA LIBERTAD	MOCHE
8	LA LIBERTAD	POROTO
9	LA LIBERTAD	SALAVERRY
10	LA LIBERTAD	SIMBAL
11	LA LIBERTAD	BUENOS AIRES
12	LA LIBERTAD	ASCOPE
13	LA LIBERTAD	CHICAMA
14	LA LIBERTAD	CHOCOPE
15	LA LIBERTAD	MAGDALENA DE CAO
16	LA LIBERTAD	PAIJAN
17	LA LIBERTAD	PUERTO DE MALABRIGO
18	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CAO
19	LA LIBERTAD	CASA GRANDE
20	LA LIBERTAD	BOLIVAR
21	LA LIBERTAD	BAMBAMARCA
22	LA LIBERTAD	NUEVO CONDORMARCA
23	LA LIBERTAD	LONGOTEA
24	LA LIBERTAD	UCHUCMARCA
25	LA LIBERTAD	UCUNCHA
26	LA LIBERTAD	CHEPEN
27	LA LIBERTAD	PACANGA
28	LA LIBERTAD	PUEBLO NUEVO
29	LA LIBERTAD	JULCAN
30	LA LIBERTAD	CALAMARCA
31	LA LIBERTAD	CARABAMBA
32	LA LIBERTAD	HUASO
33	LA LIBERTAD	OTUZCO
34	LA LIBERTAD	AGALLPAMPA
35	LA LIBERTAD	CHARAT
36	LA LIBERTAD	HUARANCHAL

Nº	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD
37	LA LIBERTAD	LA CUESTA
38	LA LIBERTAD	MACHE
39	LA LIBERTAD	PARANDAY
40	LA LIBERTAD	SALPO
41	LA LIBERTAD	SINSICAP
42	LA LIBERTAD	USQUIL
43	LA LIBERTAD	SAN PEDRO DE LLOC
44	LA LIBERTAD	GUADALUPE
45	LA LIBERTAD	JEQUETEPEQUE
46	LA LIBERTAD	PACASMAYO
47	LA LIBERTAD	SAN JOSE
48	LA LIBERTAD	TAYABAMBA
49	LA LIBERTAD	BULDIBUYO
50	LA LIBERTAD	ARCAYPATA
51	LA LIBERTAD	CHILLIA
52	LA LIBERTAD	HUANCASPATA
53	LA LIBERTAD	HUAYLILLAS
54	LA LIBERTAD	HUAYO
55	LA LIBERTAD	ONGON
56	LA LIBERTAD	PARCOY
57	LA LIBERTAD	PATAZ
58	LA LIBERTAD	PIAS
59	LA LIBERTAD	CHALLAS
60	LA LIBERTAD	TAURIJA
61	LA LIBERTAD	URPAY
62	LA LIBERTAD	HUAMACHUCO
63	LA LIBERTAD	CHUGAY
64	LA LIBERTAD	ARICAPAMPA
65	LA LIBERTAD	CURGOS
66	LA LIBERTAD	MARCABAL
67	LA LIBERTAD	SANAGORAN
68	LA LIBERTAD	PAMPA VERDE
69	LA LIBERTAD	SARIN
70	LA LIBERTAD	SARTIMBAMBA
71	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO
72	LA LIBERTAD	ANGASMARCA
73	LA LIBERTAD	CACHICADAN
74	LA LIBERTAD	MOLLEBAMBA
75	LA LIBERTAD	MOLLEPATA
76	LA LIBERTAD	QUIRUVILCA
77	LA LIBERTAD	SANTA CRUZ DE CHUCA
78	LA LIBERTAD	SITABAMBA
79	LA LIBERTAD	PIJOBAMBA
80	LA LIBERTAD	CASCAS
81	LA LIBERTAD	9 DE OCTUBRE
82	LA LIBERTAD	LUCMA

Nº	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD
83	LA LIBERTAD	COMPIN
84	LA LIBERTAD	SAYAPULLO
85	LA LIBERTAD	EL PORVENIR
86	LA LIBERTAD	VIRU
87	LA LIBERTAD	PUENTE VIRU
88	LA LIBERTAD	CHAO
89	LA LIBERTAD	GUADALUPITO

Fuente: Anexo de las Bases - Especificaciones Técnicas de la Red de Transporte.

(Pronatel, 2021) [6].

Muestra:

Corresponde a toda la población correspondiente en 89 nodos ópticos transporte, según sea aprecia en la tabla N° 05.

2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Valides y Confiabilidad.

Técnicas de recolección de datos

Guía de observación:

Se seleccionó esta técnica porque existe diversos datos estadísticos del comportamiento de clima, cuyo acceso al público es por medio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi); esta información es la requerida para esta investigación.

Instrumentos de recolección de datos

Análisis de contenido:

Se elige este instrumento para la recopilación de datos e interpretación con el motivo de guardar un consolidado histórico a lo largo de los últimos años las condiciones climáticas en las diversas localidades de la región de La Libertad

2.5. Procedimiento de Análisis de Datos.

Para el procedimiento de Análisis de datos se tendrá en cuenta a las diversas localidades de la región de La Libertad y el comportamiento estadístico de las condiciones climáticas a lo largo de los años.

- Establecer las coordenadas (Latitud y Longitud) donde se ubicará las diversas localidades de la región La Libertad.
- Recopilar la información de Humedad relativa y temperatura de cada localidad de la región la La Libertad, utilizando los datos estadísticos de Senamhi y
- Calcular el potencial energético de aire frio exterior disponible de cada en las diversas localidades beneficiadas
- Obtener la energía térmica de enfriamiento disponible de manera mensual, y evaluar el comportamiento donde existan mínimos y máximos valores.
- Estimar el consumo eléctrico de cada nodo óptico con el uso de la energía térmica de enfriamiento.

Con la información reunida y los resultados cuantitativos establecidos, se realizará un análisis de eficiencia energética y factibilidad económica.

Materiales.

Este proyecto se utiliza los siguientes materiales:

- Software AutoCAD, Office Microsoft (Excel y Word).
- Plataforma PVGIS, con datos de temperatura y humedad relativa.
- Catálogos técnicos de diversos equipos como son equipo de aire acondicionado, etc.
- Revistas y presentaciones publicadas relacionadas al uso de la eficiencia energética.
- Normativa técnica peruana de diseño e instalación de sistemas eléctricos de baja tensión.

Métodos.

El procedimiento de la investigación, dado su naturaleza comprendió el desarrollo y ejecución de las siguientes etapas con la finalidad de alcanzar lo establecido:

Recopilación de datos temperatura y humedad relativa de cada localidad de la red de transporte de fibra óptica de la región de La Libertad.

- Demanda y necesidades para cubrir de cada nodo de transporte por localidad.
- Estimación del aprovechamiento energético Free cooling de cada nodo de transporte por localidad.
- Dimensionamiento de equipo de aire acondicionado free cooling.
- Comparar la factibilidad energética de las instalaciones.
- Comparar la factibilidad económica de las instalaciones referente al VAN y precio de la electricidad según de cada nodo de transporte por distrito.
- Análisis de la implicancia del cambio tecnológico con respecto a las emisiones de CO2 que se genera al consumir energía eléctrica de la red comercial del distrito.
- Analizar los resultados para comprobar la hipótesis.

2.6. Criterios Éticos.

Los criterios éticos que se van a considerar en el presente proyecto de tesis son:

Ética CIP:

Es el Código Deontológico del Colegio de Ingenieros de Perú:

Capítulo I “De la Relación con la sociedad” en su artículo 103 expresa:

Los ingenieros están obligados a cuidar el territorio de trabajo de la ingeniería peruana y fomentar el desarrollo tecnológico del Perú.

Capítulo II “De la Relación con el Público” en su artículo 105 expresa:

Los ingenieros serán objetivos y veraces en sus informes, declaraciones o testimonios profesionales, expresarán opiniones en temas de ingeniería solamente cuando ellas se basen en un adecuado análisis y conocimiento de los hechos en competencia técnica suficiente y convicción sincera.

Ética USS:

“Código de ética de la Universidad Señor de Sipán, ratificado por el acuerdo de consejo universitario con R. R. N° 0851 – 2017/USS”.

Criterios de Rigor Científico

La presente propuesta de investigación se realiza siguiendo los criterios científicos dispuestos permitiendo garantizar la calidad de la realización de investigación. Así, se sigue la coherencia metodológica durante el desarrollo de la propuesta de la investigación, según la credibilidad de la información de campo y el tratamiento correspondiente para sus resultados.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. RESULTADOS

Recopilación de datos.

Parámetros Meteorológicos, estadísticos y psicrométricos del aire atmosférico.

Se realizó la siguiente recolección de datos referente a la Temperatura media de los años 2005 al 2015 para los diferentes distritos donde se instalarán los nodos de la red de transporte.

Luego se ha determinado los parámetros característicos meteorológicos, estadísticos y estado psicrométrico del aire atmosférico de cada distrito, como se ve en la tabla N°06.

Tabla N°06 Parámetros de entrada del aire atmosférico de los distritos de la Región de La Libertad.

LOCALIZACION			PARAMETROS METEOROLOGICOS				PARAMETROS ESTADISTICOS		PARAMETROS PSICROMETRICOS	
Nro	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	Altura (m.s.n.m.)	Temperatura maxima (°C)	Temperatura minima (°C)	Hr prom. (%)	Temperatura media (°C)	Desv. Típica. (°C)	Presion atmosferica (kPA)	Volumen especifico (m3/kg)
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO	38	27.23	13.48	88.79	19.54	2.96	100.88	0.8331
2	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	101	27.74	12.18	90.12	19.61	3.22	100.14	0.8395
3	LA LIBERTAD	FLORENCIA DE MORA	99	27.57	13.29	89.42	19.61	2.96	100.16	0.8393
4	LA LIBERTAD	HUANCHACO	10	23.62	13.93	89.97	18.29	1.92	101.21	0.8269
5	LA LIBERTAD	LA ESPERANZA	77	27.64	13.34	89.42	19.66	2.97	100.42	0.8373
6	LA LIBERTAD	LAREDO	104	27.73	12.40	89.46	19.40	3.32	100.10	0.8392
7	LA LIBERTAD	MOCHE	14	27.39	13.55	93.70	19.85	2.93	101.16	0.8317
8	LA LIBERTAD	POROTO	635	28.56	19.22	90.68	23.35	2.18	94.13	0.9045
9	LA LIBERTAD	SALAVERRY	7	26.15	12.48	93.62	18.55	2.79	101.24	0.8273
10	LA LIBERTAD	SIMBAL	589	30.42	14.49	90.30	21.36	3.21	94.59	0.8940
11	LA LIBERTAD	BUENOS AIRES	17	27.46	13.50	93.81	19.90	3.19	101.12	0.8321
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	231	30.08	12.16	89.63	20.55	3.52	98.63	0.8550
13	LA LIBERTAD	CHICAMA	133	28.24	13.52	88.96	19.61	3.00	99.76	0.8426
14	LA LIBERTAD	CHOCOPE	107	27.95	13.37	89.62	19.60	2.85	100.07	0.8401
15	LA LIBERTAD	MAGDALENA DE CAO	27	24.76	13.99	88.76	18.45	2.34	101.01	0.8290
16	LA LIBERTAD	PAIJAN	82	27.64	13.08	89.00	19.58	3.19	100.36	0.8375
17	LA LIBERTAD	PUERTO DE MALABRIGO	18	23.63	14.55	81.41	18.43	1.92	101.11	0.8281
18	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CAO	19	24.27	14.07	89.33	18.37	2.13	101.10	0.8280
19	LA LIBERTAD	CASA GRANDE	146	27.79	12.49	90.35	19.69	2.89	99.61	0.8442

20	LA LIBERTAD	BOLIVAR	3133	19.80	1.67	87.14	10.20	3.52	68.48	1.1882
21	LA LIBERTAD	BAMBAMARCA	3480	22.96	2.45	85.95	12.74	3.92	65.71	1.2492
22	LA LIBERTAD	NUEVO CONDORMARCA	2762	24.29	6.64	85.53	14.02	3.64	72.18	1.1424
23	LA LIBERTAD	LONGOTEA	2623	25.05	8.42	85.51	15.52	3.15	73.59	1.1264
24	LA LIBERTAD	UCHUCMARCA	3017	16.85	0.22	87.60	8.26	3.26	69.33	1.1656
25	LA LIBERTAD	UCUNCHA	2624	26.34	8.82	86.45	16.67	3.47	73.68	1.1295
26	LA LIBERTAD	CHEPEN	132	32.00	13.81	81.70	22.02	3.35	99.79	0.8494
27	LA LIBERTAD	PACANGA	91	32.20	12.69	81.80	21.03	3.63	100.26	0.8425
28	LA LIBERTAD	PUEBLO NUEVO	75	27.14	11.90	81.64	19.16	3.41	100.44	0.8357
29	LA LIBERTAD	JULCAN	3401	16.49	1.61	90.64	8.91	2.91	66.00	1.2273
30	LA LIBERTAD	CALAMARCA	3354	16.15	-0.21	93.72	8.00	3.11	66.31	1.2175
31	LA LIBERTAD	CARABAMBA	3318	19.20	5.35	90.49	11.55	2.69	66.99	1.2204
32	LA LIBERTAD	HUASO	3071	20.09	-0.53	93.34	7.77	4.58	68.80	1.1726
33	LA LIBERTAD	OTUZCO	2652	18.79	4.63	89.10	11.81	2.61	73.01	1.1208
34	LA LIBERTAD	AGALLPAMPA	3124	17.12	3.18	89.85	10.00	2.81	68.54	1.1863
35	LA LIBERTAD	CHARAT	2264	20.14	6.07	90.89	13.08	2.89	76.79	1.0704
36	LA LIBERTAD	HUARANCHAL	2177	23.07	5.62	89.96	14.62	3.53	77.75	1.0629
37	LA LIBERTAD	LA CUESTA	1898	23.90	12.51	90.87	17.52	1.91	80.68	1.0345
38	LA LIBERTAD	MACHE	3320	16.63	1.05	90.70	9.20	2.85	66.73	1.2150
39	LA LIBERTAD	PARANDAY	3144	20.27	6.54	90.16	12.61	2.69	68.62	1.1959
40	LA LIBERTAD	SALPO	3445	17.79	2.62	90.30	9.21	2.92	65.65	1.2351
41	LA LIBERTAD	SINSICAP	2295	21.83	13.60	90.98	17.63	1.33	76.84	1.0867
42	LA LIBERTAD	USQUIL	3027	18.37	-0.34	89.69	9.52	3.71	69.36	1.1702
43	LA LIBERTAD	SAN PEDRO DE LLOC	46	26.02	12.16	80.76	18.75	3.41	100.78	0.8317
44	LA LIBERTAD	GUADALUPE	96	28.17	12.90	82.19	20.39	2.97	100.20	0.8412
45	LA LIBERTAD	JEQUETEPEQUE	23	23.31	14.29	80.02	18.31	2.04	101.05	0.8282
46	LA LIBERTAD	PACASMAYO	10	23.31	14.29	80.61	18.73	2.08	101.21	0.8281
47	LA LIBERTAD	SAN JOSE	108	31.18	12.42	81.80	20.10	3.38	100.06	0.8416
48	LA LIBERTAD	TAYABAMBA	3226	24.73	7.14	75.62	15.42	3.04	68.17	1.2155
49	LA LIBERTAD	BULDIBUYO	3172	21.87	3.91	77.46	12.73	3.36	68.38	1.2005
50	LA LIBERTAD	ARCAYPATA	2789	23.74	6.08	76.74	14.82	3.33	72.01	1.1484
51	LA LIBERTAD	CHILLIA	3150	27.16	5.66	95.33	15.58	3.56	68.85	1.2042
52	LA LIBERTAD	HUANCASPATA	3301	26.41	8.22	75.58	17.24	3.34	67.70	1.2317
53	LA LIBERTAD	HUAYLILLAS	2380	28.02	6.90	76.76	16.02	3.91	75.91	1.0939
54	LA LIBERTAD	HUAYO	2183	30.55	10.09	86.59	19.25	3.21	78.02	1.0761
55	LA LIBERTAD	ONGON	1345	28.09	15.02	76.03	20.76	2.03	86.46	0.9761
56	LA LIBERTAD	PARCOY	3118	22.30	3.49	61.28	12.52	3.43	68.84	1.1916
57	LA LIBERTAD	PATAZ	2620	27.75	10.26	86.51	17.98	3.35	73.82	1.1324
58	LA LIBERTAD	PIAS	2631	23.41	6.31	88.11	14.47	3.22	73.43	1.1248
59	LA LIBERTAD	CHALLAS	3297	20.98	1.89	76.13	11.06	3.84	67.12	1.2159
60	LA LIBERTAD	TAURIJA	3105	26.33	6.70	75.09	14.97	3.51	69.19	1.1958
61	LA LIBERTAD	URPAY	2693	27.69	7.04	76.38	15.84	3.58	72.97	1.1372
62	LA LIBERTAD	HUAMACHUCO	3181	22.07	8.50	87.60	15.15	2.44	68.54	1.2079

63	LA LIBERTAD	CHUGAY	3371	18.70	0.41	87.15	9.42	3.65	66.31	1.2237
64	LA LIBERTAD	ARICAPAMPA	2617	25.26	5.66	87.77	14.32	3.38	73.55	1.1224
65	LA LIBERTAD	CURGOS	3236	19.50	2.87	87.91	9.89	3.43	67.54	1.2034
66	LA LIBERTAD	MARCABAL	2922	24.42	10.77	87.26	17.26	2.46	71.02	1.1741
67	LA LIBERTAD	SANAGORAN	2697	19.70	3.36	90.07	11.71	3.20	72.58	1.1270
68	LA LIBERTAD	PAMPA VERDE	3197	17.15	0.26	90.16	8.91	3.63	67.78	1.1949
69	LA LIBERTAD	SARIN	2822	20.99	1.14	85.31	10.99	3.55	71.36	1.1434
70	LA LIBERTAD	SARTIMBAMBA	2685	25.12	6.71	88.07	14.27	3.32	72.91	1.1319
71	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO	3103	21.76	3.83	93.37	12.53	3.26	68.97	1.1894
72	LA LIBERTAD	ANGASMARCA	2874	26.12	12.68	94.89	19.40	2.32	71.64	1.1726
73	LA LIBERTAD	CACHICADAN	2881	21.93	5.56	88.96	13.44	3.18	71.05	1.1583
74	LA LIBERTAD	MOLLEBAMBA	3080	23.44	5.63	95.57	13.01	3.23	69.22	1.1871
75	LA LIBERTAD	MOLLEPATA	2674	20.32	1.41	95.16	10.08	3.45	72.65	1.1195
76	LA LIBERTAD	QUIRUVILCA	3976	16.62	-1.77	89.90	6.41	4.09	60.87	1.3188
77	LA LIBERTAD	SANTA CRUZ DE CHUCA	2914	21.87	5.44	89.73	13.02	3.14	70.71	1.1621
78	LA LIBERTAD	SITABAMBA	3068	17.86	1.01	87.85	9.38	3.11	68.98	1.1761
79	LA LIBERTAD	PIJOBAMBA	3519	15.28	-0.91	87.38	6.47	3.27	64.72	1.2407
80	LA LIBERTAD	CASCAS	1280	35.88	16.58	89.53	24.01	4.25	87.28	0.9776
81	LA LIBERTAD	9 DE OCTUBRE	798	28.03	12.53	89.25	19.80	3.08	92.25	0.9119
82	LA LIBERTAD	LUCMA	2172	24.55	7.98	90.00	15.53	3.72	77.86	1.0646
83	LA LIBERTAD	COMPIN	1514	22.34	7.96	90.62	15.39	2.74	84.44	0.9812
84	LA LIBERTAD	SAYAPULLO	2366	24.07	5.43	89.15	14.64	3.90	75.93	1.0883
85	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	1638	26.00	8.31	89.99	17.33	3.59	83.28	1.0016
86	LA LIBERTAD	VIRU	77	32.59	13.15	93.50	21.09	4.60	100.42	0.8413
87	LA LIBERTAD	PUENTE VIRU	57	32.65	12.27	94.29	21.84	4.07	100.66	0.8415
88	LA LIBERTAD	CHAO	81	32.04	14.04	93.81	21.85	3.76	100.38	0.8439
89	LA LIBERTAD	GUADALUPITO	31	27.40	13.32	96.67	18.76	2.81	100.96	0.8303

Según el Tabla N° 07, Figura N°08 y Figura N°09, se aprecian de la temperatura media y humedad relativa respecto a las 12 provincias que compone la región La Libertad.

La humedad relativa es variada y no hay una relación directa o indirecta con la temperatura, sin embargo, se aprecia que existen diferentes temperaturas promedio para cada provincia y este comportamiento depende de la ubicación geográfica.

Tabla N°07 Parámetros de entrada del aire atmosférico de las provincias de la Region de La Libertad.

Provincia	Cantidad de localidades	Humedad relativa media (%)	Temperatura media (°C)
TRUJILLO	11	91	20
ASCOPE	8	88	19
BOLIVAR	6	86	13
CHEPEN	3	82	21
JULCAN	4	92	9
OTUZCO	10	90	13
PACASMAYO	5	81	19
PATAZ	14	79	16
SANCHEZ CARRION	9	88	12
SANTIAGO DE CHUCO	9	91	12
GRAN CHIMU	6	90	18
VIRU	4	95	21

Fuente: Propia

Figura N°08 Humedad Relativa del aire atmosférico de las provincias de la Region de La Libertad.



Fuente: Propia

Se puede observar que la humedad relativa de cada provincia con sus localidades correspondientes mantiene una humedad relativa por encima de 80%, lo que supone un clima húmedo determinante en toda la región de la Libertad.

Figura N°9 Temperatura media del aire atmosférico de las provincias de la Región de La Libertad.



Fuente: Propia

Se puede observar que la temperatura media de las provincias de Trujillo, Ascope, Chepén, Pacasmayo, Gran Chimú y Viru (6 provincias con 37 localidades) este alrededor de 18°C a 21°C, lo que indica que el aporte de frío exterior (refrigeración gratuita Freecooling) se va a atenuar de manera parcial respecto a la demanda de frío que requiere la sala de datos por localidad.

Por otro lado, también se aprecia que la temperatura media de las provincias de Bolivar, Julcan, Otuzco, Pataz, Sanchez Carrion, Santiago de Chuco, (6 provincias con 52 localidades) este alrededor de 9°C a 16°C, lo que indica que el aporte de frío exterior (refrigeración gratuita

Freecooling) se va a atenuar de manera considerable o total respecto a la demanda de frío que requiere la sala de datos por localidad.

Condiciones de confort de sala de datos y Entalpia especifica exterior

Las condiciones de temperatura y humedad relativa dentro de la sala de datos están determinadas por los siguientes datos:

Temperatura interior: 24.5 °C

Humedad Relativa interior: 50%

En base a ello se determina las entalpias específicas interior y exterior según la localidad de análisis y luego se calcula el salto entálpico específico (diferencia de entalpias interior y exterior) en cual se detalla en la siguiente tabla N°06.

Tabla N°08 Salto entálpico específico disponible del aire atmosférico de las provincias de la Región de La Libertad.

LOCALIZACION			PARAMETROS METEOROLOGICOS		PARAMETROS ESTADISTICOS	PARAMETROS PSICROMETRICO		ANALISIS ENERGETICO
Nro	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	Altura (m.s.n.m.)	Hr prom. (%)	Temperatura media (°C)	Presion atmosferica (kPA)	Volumen especifico (m ³ /kg)	SALTO ENTALPICO TOTAL (kJ/kg)
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO	38	88.79	19.54	100.88	0.8331	1.70
2	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	101	90.12	19.61	100.14	0.8395	1.76
3	LA LIBERTAD	FLORENCIA DE MORA	99	89.42	19.61	100.16	0.8393	1.58
4	LA LIBERTAD	HUANCHACO	10	89.97	18.29	101.21	0.8269	2.05
5	LA LIBERTAD	LA ESPERANZA	77	89.42	19.66	100.42	0.8373	1.55
6	LA LIBERTAD	LAREDO	104	89.46	19.40	100.10	0.8392	2.04
7	LA LIBERTAD	MOCHE	14	93.70	19.85	101.16	0.8317	1.04
8	LA LIBERTAD	POROTO	635	90.68	23.35	94.13	0.9045	0.00
9	LA LIBERTAD	SALAVERRY	7	93.62	18.55	101.24	0.8273	1.98
10	LA LIBERTAD	SIMBAL	589	90.30	21.36	94.59	0.8940	0.62
11	LA LIBERTAD	BUENOS AIRES	17	93.81	19.90	101.12	0.8321	1.14
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	231	89.63	20.55	98.63	0.8550	1.34
13	LA LIBERTAD	CHICAMA	133	88.96	19.61	99.76	0.8426	1.64
14	LA LIBERTAD	CHOCOPE	107	89.62	19.60	100.07	0.8401	1.51
15	LA LIBERTAD	MAGDALENA DE CAO	27	88.76	18.45	101.01	0.8290	2.34
16	LA LIBERTAD	PAIJAN	82	89.00	19.58	100.36	0.8375	1.77

17	LA LIBERTAD	PUERTO DE MALABRIGO	18	81.41	18.43	101.11	0.8281	3.28
18	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CAO	19	89.33	18.37	101.10	0.8280	2.11
19	LA LIBERTAD	CASA GRANDE	146	90.35	19.69	99.61	0.8442	1.45
20	LA LIBERTAD	BOLIVAR	3133	87.14	10.20	68.48	1.1882	20.98
21	LA LIBERTAD	BAMBAMARCA	3480	85.95	12.74	65.71	1.2492	15.42
22	LA LIBERTAD	NUEVO CONDORMARCA	2762	85.53	14.02	72.18	1.1424	11.88
23	LA LIBERTAD	LONGOTEA	2623	85.51	15.52	73.59	1.1264	8.47
24	LA LIBERTAD	UCHUCMARCA	3017	87.60	8.26	69.33	1.1656	25.35
25	LA LIBERTAD	UCUNCHA	2624	86.45	16.67	73.68	1.1295	6.23
26	LA LIBERTAD	CHEPEN	132	81.70	22.02	99.79	0.8494	0.93
27	LA LIBERTAD	PACANGA	91	81.80	21.03	100.26	0.8425	1.76
28	LA LIBERTAD	PUEBLO NUEVO	75	81.64	19.16	100.44	0.8357	3.40
29	LA LIBERTAD	JULCAN	3401	90.64	8.91	66.00	1.2273	23.63
30	LA LIBERTAD	CALAMARCA	3354	93.72	8.00	66.31	1.2175	24.90
31	LA LIBERTAD	CARABAMBA	3318	90.49	11.55	66.99	1.2204	16.60
32	LA LIBERTAD	HUASO	3071	93.34	7.77	68.80	1.1726	23.41
33	LA LIBERTAD	OTUZCO	2652	89.10	11.81	73.01	1.1208	16.35
34	LA LIBERTAD	AGALLPAMPA	3124	89.85	10.00	68.54	1.1863	20.59
35	LA LIBERTAD	CHARAT	2264	90.89	13.08	76.79	1.0704	12.47
36	LA LIBERTAD	HUARANCHAL	2177	89.96	14.62	77.75	1.0629	9.48
37	LA LIBERTAD	LA CUESTA	1898	90.87	17.52	80.68	1.0345	2.54
38	LA LIBERTAD	MACHE	3320	90.70	9.20	66.73	1.2150	22.86
39	LA LIBERTAD	PARANDAY	3144	90.16	12.61	68.62	1.1959	14.12
40	LA LIBERTAD	SALPO	3445	90.30	9.21	65.65	1.2351	22.93
41	LA LIBERTAD	SINSICAP	2295	90.98	17.63	76.84	1.0867	1.65
42	LA LIBERTAD	USQUIL	3027	89.69	9.52	69.36	1.1702	21.77
43	LA LIBERTAD	SAN PEDRO DE LLOC	46	80.76	18.75	100.78	0.8317	3.85
44	LA LIBERTAD	GUADALUPE	96	82.19	20.39	100.20	0.8412	1.75
45	LA LIBERTAD	JEQUETEPEQUE	23	80.02	18.31	101.05	0.8282	3.78
46	LA LIBERTAD	PACASMAYO	10	80.61	18.73	101.21	0.8281	3.07
47	LA LIBERTAD	SAN JOSE	108	81.80	20.10	100.06	0.8416	2.33
48	LA LIBERTAD	TAYABAMBA	3226	75.62	15.42	68.17	1.2155	11.95
49	LA LIBERTAD	BULDIBUYO	3172	77.46	12.73	68.38	1.2005	17.85
50	LA LIBERTAD	ARCAYPATA	2789	76.74	14.82	72.01	1.1484	12.82
51	LA LIBERTAD	CHILLIA	3150	95.33	15.58	68.85	1.2042	6.34
52	LA LIBERTAD	HUANCASPATA	3301	75.58	17.24	67.70	1.2317	8.01
53	LA LIBERTAD	HUAYLILLAS	2380	76.76	16.02	75.91	1.0939	10.19
54	LA LIBERTAD	HUAYO	2183	86.59	19.25	78.02	1.0761	2.35
55	LA LIBERTAD	ONGON	1345	76.03	20.76	86.46	0.9761	1.16
56	LA LIBERTAD	PARCOY	3118	61.28	12.52	68.84	1.1916	23.26
57	LA LIBERTAD	PATAZ	2620	86.51	17.98	73.82	1.1324	3.93
58	LA LIBERTAD	PIAS	2631	88.11	14.47	73.43	1.1248	10.17
59	LA LIBERTAD	CHALLAS	3297	76.13	11.06	67.12	1.2159	22.20

60	LA LIBERTAD	TAURIJA	3105	75.09	14.97	69.19	1.1958	13.15
61	LA LIBERTAD	URPAY	2693	76.38	15.84	72.97	1.1372	10.62
62	LA LIBERTAD	HUAMACHUCO	3181	87.60	15.15	68.54	1.2079	8.49
63	LA LIBERTAD	CHUGAY	3371	87.15	9.42	66.31	1.2237	23.08
64	LA LIBERTAD	ARICAPAMPA	2617	87.77	14.32	73.55	1.1224	10.70
65	LA LIBERTAD	CURGOS	3236	87.91	9.89	67.54	1.2034	21.46
66	LA LIBERTAD	MARCABAL	2922	87.26	17.26	71.02	1.1741	4.07
67	LA LIBERTAD	SANAGORAN	2697	90.07	11.71	72.58	1.1270	16.26
68	LA LIBERTAD	PAMPA VERDE	3197	90.16	8.91	67.78	1.1949	23.24
69	LA LIBERTAD	SARIN	2822	85.31	10.99	71.36	1.1434	19.36
70	LA LIBERTAD	SARTIMBAMBA	2685	88.07	14.27	72.91	1.1319	10.65
71	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO	3103	93.37	12.53	68.97	1.1894	13.51
72	LA LIBERTAD	ANGASMARCA	2874	94.89	19.40	71.64	1.1726	0.55
73	LA LIBERTAD	CACHICADAN	2881	88.96	13.44	71.05	1.1583	12.42
74	LA LIBERTAD	MOLLEBAMBA	3080	95.57	13.01	69.22	1.1871	11.58
75	LA LIBERTAD	MOLLEPATA	2674	95.16	10.08	72.65	1.1195	18.80
76	LA LIBERTAD	QUIRUVILCA	3976	89.90	6.41	60.87	1.3188	28.30
77	LA LIBERTAD	SANTA CRUZ DE CHUCA	2914	89.73	13.02	70.71	1.1621	13.20
78	LA LIBERTAD	SITABAMBA	3068	87.85	9.38	68.98	1.1761	22.81
79	LA LIBERTAD	PIJOBAMBA	3519	87.38	6.47	64.72	1.2407	29.64
80	LA LIBERTAD	CASCAS	1280	89.53	24.01	87.28	0.9776	0.18
81	LA LIBERTAD	9 DE OCTUBRE	798	89.25	19.80	92.25	0.9119	1.53
82	LA LIBERTAD	LUCMA	2172	90.00	15.53	77.86	1.0646	7.62
83	LA LIBERTAD	COMPIN	1514	90.62	15.39	84.44	0.9812	7.32
84	LA LIBERTAD	SAYAPULLO	2366	89.15	14.64	75.93	1.0883	9.78
85	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	1638	89.99	17.33	83.28	1.0016	4.58
86	LA LIBERTAD	VIRU	77	93.50	21.09	100.42	0.8413	1.12
87	LA LIBERTAD	PUENTE VIRU	57	94.29	21.84	100.66	0.8415	0.78
88	LA LIBERTAD	CHAO	81	93.81	21.85	100.38	0.8439	0.53
89	LA LIBERTAD	GUADALUPITO	31	96.67	18.76	100.96	0.8303	1.44

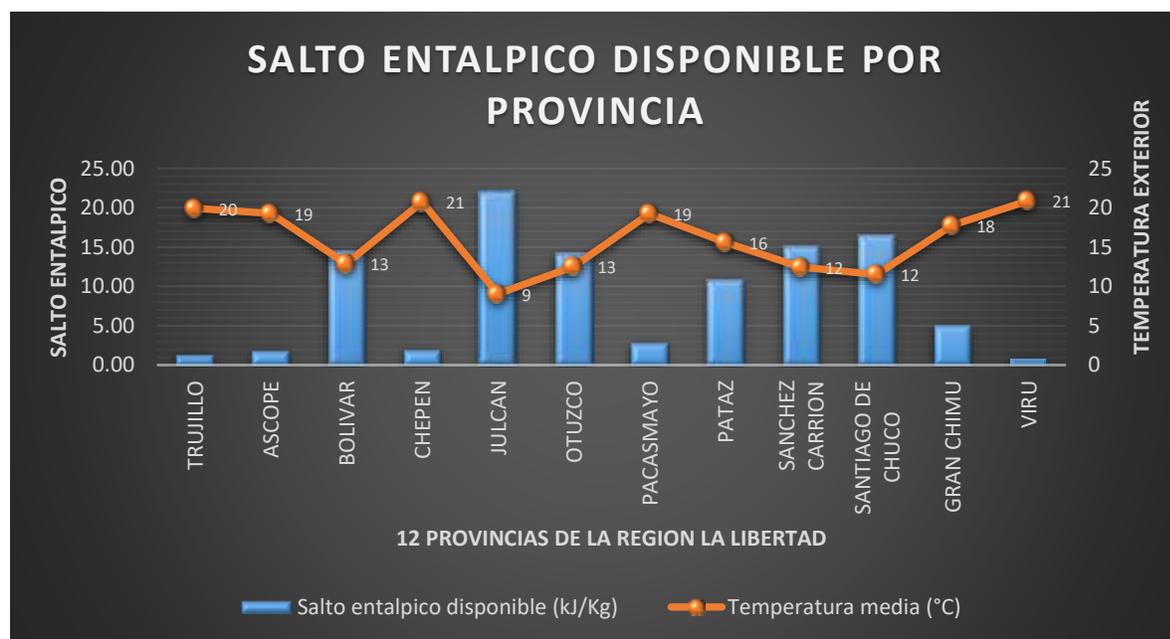
En la tabla N°09 y figura N° 10 se presenta un resumen de salto entalpico disponible agrupado por provincias.

Tabla N°09 Salto entálpico disponible del aire atmosférico de las provincias de la Región de La Libertad.

Provincia	Cantidas de localidades	Temperatura media (°C)	Salto entalpico disponible (kJ/Kg)
TRUJILLO	11	20	1.40
ASCOPE	8	19	1.93
BOLIVAR	6	13	14.72
CHEPEN	3	21	2.03
JULCAN	4	9	22.14
OTUZCO	10	13	14.48
PACASMAYO	5	19	2.96
PATAZ	14	16	11.00
SANCHEZ CARRION	9	12	15.26
SANTIAGO DE CHUCO	9	12	16.76
GRAN CHIMU	6	18	5.17
VIRU	4	21	0.97

Fuente: Propia

Figura N°10 Salto entalpico disponible del aire atmosférico de las provincias de la Region de La Libertad.



Se puede observar que el salto entalpico disponible de las provincias de Trujillo, Ascope, Chepén, Pacasmayo, Gran Chimú y Viru (6 provincias con 37 localidades) este alrededor de 0.97

kJ/kg y 5.17 kJ/kg, lo que indica que el aporte de frío exterior (refrigeración gratuita Freecooling) va a contribuir de manera parcial respecto a la demanda de frío que requiere la sala de datos de 37 localidades.

Por otro lado, también se aprecia el salto entálpico disponible de las provincias de Bolívar, Jujuy, Otuzco, Pataz, Sánchez Carrión, Santiago de Chuco, (6 provincias con 52 localidades) este alrededor de 11.00 kJ/kg y 22.14 kJ/kg, lo que indica que el aporte de frío exterior (refrigeración gratuita Free cooling) se va a atenuar de manera considerable o total respecto a la demanda de frío que requiere la sala de datos por localidad.

Necesidades de nodos transporte a cubrir

Consumo eléctrico de un nodo transporte.

La concentración de energía eléctrica de un nodo de transporte está localizada en la sala de equipos, cuyo ambiente tiene diversos gabinetes de comunicaciones. Por otro lado, debido al consumo eléctrico de los gabinetes de datos, se requiere que el ambiente este climatizado, por lo que se necesita un equipo de aire acondicionado para establecer las condiciones óptimas de funcionamiento.

- EQUIPAMIENTO DC: La demanda eléctrica máxima en DC es de 1250 W.
- SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO: La demanda térmica máxima de la sala de equipos es de 36 000 kBTU/h o 10kW térmicos.

Según los valores indicados, la máxima demanda de un nodo transporte sería:

Tabla N°10 Máxima demanda convencional de un nodo transporte

Carga eléctrica	Potencia instalada	Factor de Simultaneidad	Máxima Demanda
Equipamiento DC	1250 W	1.0	1250 W
Banco de baterías	1250 W	0.1	125 W
Aire acondicionado	4000 W	1.0	4000 W
Iluminación y tomacorrientes	500 W	0.1	50 W
Máxima Demanda			5425 W

Fuente: Propia

Por lo que se estima que la máxima demanda de un nodo de transporte es redondeando 6 kW.

Selección de equipo de aire acondicionado.

La línea Free cooling de Stulz contiene diversos equipos de diversas capacidades, y seleccionamos el modelo acorde a la demanda de carga térmica de la sala de equipos (36 000 BTU/h = 10.55 kW).

Figura N°11 Características técnicas de equipo de aire acondicionado STULZ

Wall-Air Displacement							
Modelo de unidad		WLD40	WLD60	WLD80	WLD90	WLDA2	WLDA4
		HR2 Modelo 1					
Potencia frigorífica (total) ¹⁾⁽²⁾	kW	4,3	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
Potencia frigorífica (sensible) ¹⁾⁽²⁾	kW	4,3	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
Nivel de ruido (interno / externo) ³⁾	dB (A)	59/50	49/50	57/51	59/53	62/54	63/54
Flujo de aire (DX)	m ³ /h	1.100	1.400	2.300	2.700	3.200	3.600
Flujo de aire (free cooling)	m ³ /h	900	1.100	1.800	2.200	2.600	2.900

Por lo tanto, en base a la selección del equipo WLD90, el equipo establece un flujo de aire (freecooling) en 2200 m³/h.

Potencial energético del aire frío exterior

En base a que ya conocemos el caudal máximo permisible que demanda el equipo de aire acondicionado, podemos establecer cuál será el potencial energético en base al salto entalpico disponible por localidad (ver Tabla N° 11).

Tabla N°11 Potencial energético de nodos transporte por localidad

LOCALIZACION			PARAMETROS ESTADISTICOS	ANALISIS ENERGETICO		
Nro	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	Temperatura media (°C)	SALTO ENTALPICO TOTAL (kJ/kg)	Flujo Free cooling (m3/h)	Potencia Free cooling (kW)
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO	19.54	1.70	2200	1.25
2	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	19.61	1.76	2200	1.28
3	LA LIBERTAD	FLORENCIA DE MORA	19.61	1.58	2200	1.15
4	LA LIBERTAD	HUANCHACO	18.29	2.05	2200	1.51
5	LA LIBERTAD	LA ESPERANZA	19.66	1.55	2200	1.13
6	LA LIBERTAD	LAREDO	19.40	2.04	2200	1.49
7	LA LIBERTAD	MOCHE	19.85	1.04	2200	0.76
8	LA LIBERTAD	POROTO	23.35	0.00	2200	0.00
9	LA LIBERTAD	SALAVERRY	18.55	1.98	2200	1.46
10	LA LIBERTAD	SIMBAL	21.36	0.62	2200	0.42
11	LA LIBERTAD	BUENOS AIRES	19.90	1.14	2200	0.83
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	20.55	1.34	2200	0.96
13	LA LIBERTAD	CHICAMA	19.61	1.64	2200	1.19
14	LA LIBERTAD	CHOCOPE	19.60	1.51	2200	1.10
15	LA LIBERTAD	MAGDALENA DE CAO	18.45	2.34	2200	1.72
16	LA LIBERTAD	PAIJAN	19.58	1.77	2200	1.29
17	LA LIBERTAD	PUERTO DE MALABRIGO	18.43	3.28	2200	2.42
18	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CAO	18.37	2.11	2200	1.56
19	LA LIBERTAD	CASA GRANDE	19.69	1.45	2200	1.05
20	LA LIBERTAD	BOLIVAR	10.20	20.98	2200	10.79
21	LA LIBERTAD	BAMBAMARCA	12.74	15.42	2200	7.54
22	LA LIBERTAD	NUEVO CONDORMARCA	14.02	11.88	2200	6.36
23	LA LIBERTAD	LONGOTEA	15.52	8.47	2200	4.60
24	LA LIBERTAD	UCHUCMARCA	8.26	25.35	2200	13.29
25	LA LIBERTAD	UCUNCHA	16.67	6.23	2200	3.37
26	LA LIBERTAD	CHEPEN	22.02	0.93	2200	0.67
27	LA LIBERTAD	PACANGA	21.03	1.76	2200	1.28
28	LA LIBERTAD	PUEBLO NUEVO	19.16	3.40	2200	2.49
29	LA LIBERTAD	JULCAN	8.91	23.63	2200	11.77

30	LA LIBERTAD	CALAMARCA	8.00	24.90	2200	12.50
31	LA LIBERTAD	CARABAMBA	11.55	16.60	2200	8.31
32	LA LIBERTAD	HUASO	7.77	23.41	2200	12.20
33	LA LIBERTAD	OTUZCO	11.81	16.35	2200	8.92
34	LA LIBERTAD	AGALLPAMPA	10.00	20.59	2200	10.61
35	LA LIBERTAD	CHARAT	13.08	12.47	2200	7.12
36	LA LIBERTAD	HUARANCHAL	14.62	9.48	2200	5.45
37	LA LIBERTAD	LA CUESTA	17.52	2.54	2200	1.50
38	LA LIBERTAD	MACHE	9.20	22.86	2200	11.50
39	LA LIBERTAD	PARANDAY	12.61	14.12	2200	7.22
40	LA LIBERTAD	SALPO	9.21	22.93	2200	11.34
41	LA LIBERTAD	SINSICAP	17.63	1.65	2200	0.93
42	LA LIBERTAD	USQUIL	9.52	21.77	2200	11.37
43	LA LIBERTAD	SAN PEDRO DE LLOC	18.75	3.85	2200	2.83
44	LA LIBERTAD	GUADALUPE	20.39	1.75	2200	1.27
45	LA LIBERTAD	JEQUETEPEQUE	18.31	3.78	2200	2.79
46	LA LIBERTAD	PACASMAYO	18.73	3.07	2200	2.27
47	LA LIBERTAD	SAN JOSE	20.10	2.33	2200	1.69
48	LA LIBERTAD	TAYABAMBA	15.42	11.95	2200	6.01
49	LA LIBERTAD	BULDIBUYO	12.73	17.85	2200	9.09
50	LA LIBERTAD	ARCAYPATA	14.82	12.82	2200	6.82
51	LA LIBERTAD	CHILLIA	15.58	6.34	2200	3.22
52	LA LIBERTAD	HUANCASPATA	17.24	8.01	2200	3.97
53	LA LIBERTAD	HUAYLILLAS	16.02	10.19	2200	5.69
54	LA LIBERTAD	HUAYO	19.25	2.35	2200	1.33
55	LA LIBERTAD	ONGON	20.76	1.16	2200	0.73
56	LA LIBERTAD	PARCOY	12.52	23.26	2200	11.93
57	LA LIBERTAD	PATAZ	17.98	3.93	2200	2.12
58	LA LIBERTAD	PIAS	14.47	10.17	2200	5.53
59	LA LIBERTAD	CHALLAS	11.06	22.20	2200	11.16
60	LA LIBERTAD	TAURIJA	14.97	13.15	2200	6.72
61	LA LIBERTAD	URPAY	15.84	10.62	2200	5.71
62	LA LIBERTAD	HUAMACHUCO	15.15	8.49	2200	4.29
63	LA LIBERTAD	CHUGAY	9.42	23.08	2200	11.52
64	LA LIBERTAD	ARICAPAMPA	14.32	10.70	2200	5.82
65	LA LIBERTAD	CURGOS	9.89	21.46	2200	10.90
66	LA LIBERTAD	MARCABAL	17.26	4.07	2200	2.12
67	LA LIBERTAD	SANAGORAN	11.71	16.26	2200	8.82
68	LA LIBERTAD	PAMPA VERDE	8.91	23.24	2200	11.89
69	LA LIBERTAD	SARIN	10.99	19.36	2200	10.35
70	LA LIBERTAD	SARTIMBAMBA	14.27	10.65	2200	5.75
71	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO	12.53	13.51	2200	6.94
72	LA LIBERTAD	ANGASMARCA	19.40	0.55	2200	0.29

73	LA LIBERTAD	CACHICADAN	13.44	12.42	2200	6.55
74	LA LIBERTAD	MOLLEBAMBA	13.01	11.58	2200	5.96
75	LA LIBERTAD	MOLLEPATA	10.08	18.80	2200	10.27
76	LA LIBERTAD	QUIRUVILCA	6.41	28.30	2200	13.11
77	LA LIBERTAD	SANTA CRUZ DE CHUCA	13.02	13.20	2200	6.94
78	LA LIBERTAD	SITABAMBA	9.38	22.81	2200	11.85
79	LA LIBERTAD	PIJOBAMBA	6.47	29.64	2200	14.60
80	LA LIBERTAD	CASCAS	24.01	0.18	2200	0.11
81	LA LIBERTAD	9 DE OCTUBRE	19.80	1.53	2200	1.03
82	LA LIBERTAD	LUCMA	15.53	7.62	2200	4.37
83	LA LIBERTAD	COMPIN	15.39	7.32	2200	4.56
84	LA LIBERTAD	SAYAPULLO	14.64	9.78	2200	5.49
85	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	17.33	4.58	2200	2.79
86	LA LIBERTAD	VIRU	21.09	1.12	2200	0.82
87	LA LIBERTAD	PUENTE VIRU	21.84	0.78	2200	0.57
88	LA LIBERTAD	CHAO	21.85	0.53	2200	0.38
89	LA LIBERTAD	GUADALUPITO	18.76	1.44	2200	1.06

Figura N°12 Potencial energético disponible del aire atmosférico de las provincias de la Región de La Libertad.



Fuente: Propia

Tal como se esperaba, el comportamiento del Potencial energético está directamente relacionado con el salto entálpico disponible, ya que la demanda Freecooling es invariable y a un flujo neto máximo de 2200 m³/h.

Aporte energético Free cooling de nodos transporte

En los apartados anteriores se ha podido determinar la carga térmica demandada de los nodos transporte y el potencial energético exterior de cada localidad, por lo que se determina el aporte de energético freecooling que se ofrece (ver Tabla N° 12).

Tabla N°12 Aporte Freecooling energético de nodo transporte por localidad

LOCALIZACION			PARAMETROS ESTADISTICOS	ANALISIS ENERGETICO		
Nro	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	Temperatura media (°C)	Potencia Free cooling (kW)	Potencia Equipo AA (kW)	Ahorro energetico (%)
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO	19.54	1.25	12.00	10.38%
2	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	19.61	1.28	12.00	10.66%
3	LA LIBERTAD	FLORENCIA DE MORA	19.61	1.15	12.00	9.61%
4	LA LIBERTAD	HUANCHACO	18.29	1.51	12.00	12.60%
5	LA LIBERTAD	LA ESPERANZA	19.66	1.13	12.00	9.43%
6	LA LIBERTAD	LAREDO	19.40	1.49	12.00	12.40%
7	LA LIBERTAD	MOCHE	19.85	0.76	12.00	6.34%
8	LA LIBERTAD	POROTO	23.35	0.00	12.00	0.00%
9	LA LIBERTAD	SALAVERRY	18.55	1.46	12.00	12.18%
10	LA LIBERTAD	SIMBAL	21.36	0.42	12.00	3.52%
11	LA LIBERTAD	BUENOS AIRES	19.90	0.83	12.00	6.95%
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	20.55	0.96	12.00	8.00%
13	LA LIBERTAD	CHICAMA	19.61	1.19	12.00	9.93%
14	LA LIBERTAD	CHOCOPE	19.60	1.10	12.00	9.13%
15	LA LIBERTAD	MAGDALENA DE CAO	18.45	1.72	12.00	14.36%
16	LA LIBERTAD	PAIJAN	19.58	1.29	12.00	10.74%
17	LA LIBERTAD	PUERTO DE MALABRIGO	18.43	2.42	12.00	20.16%
18	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CAO	18.37	1.56	12.00	12.98%
19	LA LIBERTAD	CASA GRANDE	19.69	1.05	12.00	8.72%
20	LA LIBERTAD	BOLIVAR	10.20	10.79	12.00	89.91%
21	LA LIBERTAD	BAMBAMARCA	12.74	7.54	12.00	62.85%
22	LA LIBERTAD	NUEVO CONDORMARCA	14.02	6.36	12.00	52.98%
23	LA LIBERTAD	LONGOTEA	15.52	4.60	12.00	38.31%

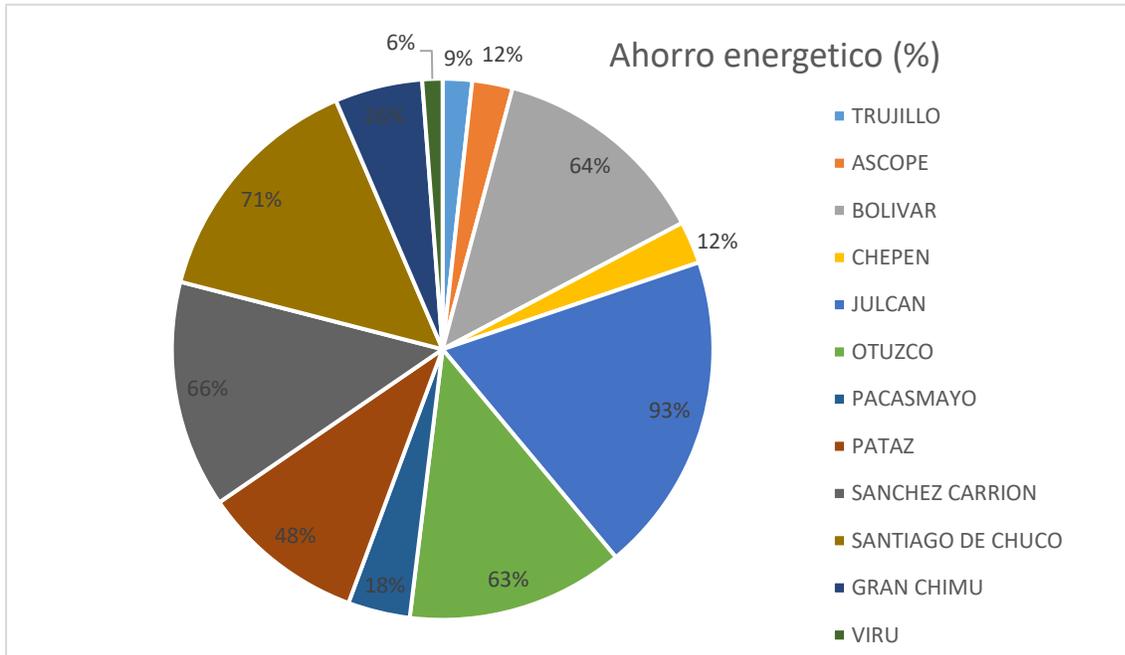
24	LA LIBERTAD	UCHUCMARCA	8.26	13.29	12.00	110.74%
25	LA LIBERTAD	UCUNCHA	16.67	3.37	12.00	28.08%
26	LA LIBERTAD	CHEPEN	22.02	0.67	12.00	5.55%
27	LA LIBERTAD	PACANGA	21.03	1.28	12.00	10.67%
28	LA LIBERTAD	PUEBLO NUEVO	19.16	2.49	12.00	20.73%
29	LA LIBERTAD	JULCAN	8.91	11.77	12.00	98.04%
30	LA LIBERTAD	CALAMARCA	8.00	12.50	12.00	104.17%
31	LA LIBERTAD	CARABAMBA	11.55	8.31	12.00	69.26%
32	LA LIBERTAD	HUASO	7.77	12.20	12.00	101.68%
33	LA LIBERTAD	OTUZCO	11.81	8.92	12.00	74.30%
34	LA LIBERTAD	AGALLPAMPA	10.00	10.61	12.00	88.41%
35	LA LIBERTAD	CHARAT	13.08	7.12	12.00	59.34%
36	LA LIBERTAD	HUARANCHAL	14.62	5.45	12.00	45.45%
37	LA LIBERTAD	LA CUESTA	17.52	1.50	12.00	12.49%
38	LA LIBERTAD	MACHE	9.20	11.50	12.00	95.80%
39	LA LIBERTAD	PARANDAY	12.61	7.22	12.00	60.13%
40	LA LIBERTAD	SALPO	9.21	11.34	12.00	94.53%
41	LA LIBERTAD	SINSICAP	17.63	0.93	12.00	7.72%
42	LA LIBERTAD	USQUIL	9.52	11.37	12.00	94.73%
43	LA LIBERTAD	SAN PEDRO DE LLOC	18.75	2.83	12.00	23.55%
44	LA LIBERTAD	GUADALUPE	20.39	1.27	12.00	10.57%
45	LA LIBERTAD	JEQUETEPEQUE	18.31	2.79	12.00	23.26%
46	LA LIBERTAD	PACASMAYO	18.73	2.27	12.00	18.90%
47	LA LIBERTAD	SAN JOSE	20.10	1.69	12.00	14.11%
48	LA LIBERTAD	TAYABAMBA	15.42	6.01	12.00	50.06%
49	LA LIBERTAD	BULDIBUYO	12.73	9.09	12.00	75.72%
50	LA LIBERTAD	ARCAYPATA	14.82	6.82	12.00	56.85%
51	LA LIBERTAD	CHILLIA	15.58	3.22	12.00	26.82%
52	LA LIBERTAD	HUANCASPATA	17.24	3.97	12.00	33.11%
53	LA LIBERTAD	HUAYLILLAS	16.02	5.69	12.00	47.42%
54	LA LIBERTAD	HUAYO	19.25	1.33	12.00	11.12%
55	LA LIBERTAD	ONGON	20.76	0.73	12.00	6.08%
56	LA LIBERTAD	PARCOY	12.52	11.93	12.00	99.39%
57	LA LIBERTAD	PATAZ	17.98	2.12	12.00	17.66%
58	LA LIBERTAD	PIAS	14.47	5.53	12.00	46.05%
59	LA LIBERTAD	CHALLAS	11.06	11.16	12.00	92.97%
60	LA LIBERTAD	TAURIJA	14.97	6.72	12.00	56.02%
61	LA LIBERTAD	URPAY	15.84	5.71	12.00	47.54%
62	LA LIBERTAD	HUAMACHUCO	15.15	4.29	12.00	35.78%
63	LA LIBERTAD	CHUGAY	9.42	11.52	12.00	96.04%
64	LA LIBERTAD	ARICAPAMPA	14.32	5.82	12.00	48.53%
65	LA LIBERTAD	CURGOS	9.89	10.90	12.00	90.79%
66	LA LIBERTAD	MARCABAL	17.26	2.12	12.00	17.63%

67	LA LIBERTAD	SANAGORAN	11.71	8.82	12.00	73.49%
68	LA LIBERTAD	PAMPA VERDE	8.91	11.89	12.00	99.06%
69	LA LIBERTAD	SARIN	10.99	10.35	12.00	86.23%
70	LA LIBERTAD	SARTIMBAMBA	14.27	5.75	12.00	47.93%
71	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO	12.53	6.94	12.00	57.84%
72	LA LIBERTAD	ANGASMARCA	19.40	0.29	12.00	2.40%
73	LA LIBERTAD	CACHICADAN	13.44	6.55	12.00	54.59%
74	LA LIBERTAD	MOLLEBAMBA	13.01	5.96	12.00	49.68%
75	LA LIBERTAD	MOLLEPATA	10.08	10.27	12.00	85.54%
76	LA LIBERTAD	QUIRUVILCA	6.41	13.11	12.00	109.28%
77	LA LIBERTAD	SANTA CRUZ DE CHUCA	13.02	6.94	12.00	57.85%
78	LA LIBERTAD	SITABAMBA	9.38	11.85	12.00	98.75%
79	LA LIBERTAD	PIJOBAMBA	6.47	14.60	12.00	121.67%
80	LA LIBERTAD	CASCAS	24.01	0.11	12.00	0.95%
81	LA LIBERTAD	9 DE OCTUBRE	19.80	1.03	12.00	8.55%
82	LA LIBERTAD	LUCMA	15.53	4.37	12.00	36.45%
83	LA LIBERTAD	COMPIN	15.39	4.56	12.00	38.01%
84	LA LIBERTAD	SAYAPULLO	14.64	5.49	12.00	45.77%
85	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	17.33	2.79	12.00	23.29%
86	LA LIBERTAD	VIRU	21.09	0.82	12.00	6.81%
87	LA LIBERTAD	PUENTE VIRU	21.84	0.57	12.00	4.71%
88	LA LIBERTAD	CHAO	21.85	0.38	12.00	3.20%
89	LA LIBERTAD	GUADALUPITO	18.76	1.06	12.00	8.83%

Tabla N°13 Aporte energético Freecooling disponible del aire atmosférico de las provincias de la región de La Libertad.

Provincia	Cantidad de localidades	Humedad relativa media (%)	Temperatura media (°C)	Ahorro energético (%)
TRUJILLO	11	91	20	9%
ASCOPE	8	88	19	12%
BOLIVAR	6	86	13	64%
CHEPEN	3	82	21	12%
JULCAN	4	92	9	93%
OTUZCO	10	90	13	63%
PACASMAYO	5	81	19	18%
PATAZ	14	79	16	48%
SANCHEZ CARRION	9	88	12	66%
SANTIAGO DE CHUCO	9	91	12	71%
GRAN CHIMU	6	90	18	26%
VIRU	4	95	21	6%

Figura N°13 Aporte Freecooling energético disponible del aire atmosférico de las provincias de la región de La Libertad.



En la tabla N° 13 y Figura N° 13 se aprecian los aportes Freecooling energéticos que se ofrecen al sistema de climatización de los nodos transporte por provincia. Se puede observar que en la provincia de Julcan se tiene un gran aporte de frio por encima del 93% y le siguen las provincias de Pataz, Bolivar y Sanchez Carrion.

Por otro lado también se tienen las provincias costeras de Viru y Trujillo cuyo aporte Freecooling es inferior al 9%, y su respaldo de frio no será tan relevante.

Ahorro de energía eléctrica

Se ha establecido que la máxima demanda de energía eléctrica e cada nodo transporte es de:

$$M.D. = 6000W$$

Por otro lado se tiene que El equipo de aire acondicionado modelo WLD90, emplea un compresor EC de velocidad variable, es decir, su rendimiento nominal EER = 3.6 W/W se mantiene constante a operación parcial y/o nominal.

Por lo tanto, el consumo eléctrico del equipo de aire acondicionado se calcula con la siguiente formula:

$$P_{WLD90} = \dot{Q} / EER \dots (5)$$

Donde:

\dot{Q} : Potencia de refrigeracion requerida (W)

EER: Eficiencia de refrigeracion (3.6 W/W)

En ese sentido se ha calculado el ahorro de energía eléctrica freecooling por cada localidad (Tabla N°14).

Tabla N°14 Ahorro electrico Freecooling de nodo transporte por localidad

LOCALIZACION			AHORRO ELECTRICO (FREECOOLING)			
			MAXIMA DEMANDA NODO (W)	APORTE ELECTRICO FREECOOLING (W)	CONSUMO FINAL DEMANDA NODO (W)	AHORRO ELECTRICO FREECOOLING (%)
Nro	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD				
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO	6000	346	5654	6%
2	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	6000	355	5645	6%
3	LA LIBERTAD	FLORENCIA DE MORA	6000	320	5680	5%
4	LA LIBERTAD	HUANCHACO	6000	420	5580	7%
5	LA LIBERTAD	LA ESPERANZA	6000	314	5686	5%
6	LA LIBERTAD	LAREDO	6000	413	5587	7%
7	LA LIBERTAD	MOCHE	6000	211	5789	4%
8	LA LIBERTAD	POROTO	6000	0	6000	0%
9	LA LIBERTAD	SALAVERRY	6000	406	5594	7%
10	LA LIBERTAD	SIMBAL	6000	117	5883	2%
11	LA LIBERTAD	BUENOS AIRES	6000	232	5768	4%
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	6000	267	5733	4%
13	LA LIBERTAD	CHICAMA	6000	331	5669	6%
14	LA LIBERTAD	CHOCOPE	6000	304	5696	5%
15	LA LIBERTAD	MAGDALENA DE CAO	6000	479	5521	8%
16	LA LIBERTAD	PAIJAN	6000	358	5642	6%

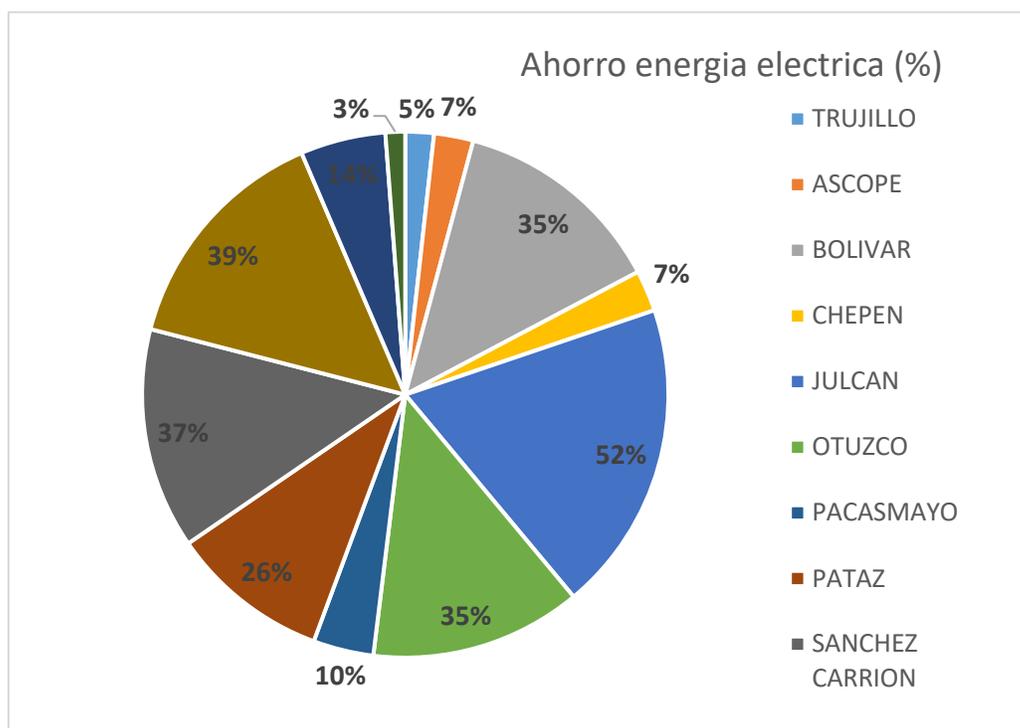
17	LA LIBERTAD	PUERTO DE MALABRIGO	6000	672	5328	11%
18	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CAO	6000	433	5567	7%
19	LA LIBERTAD	CASA GRANDE	6000	291	5709	5%
20	LA LIBERTAD	BOLIVAR	6000	2997	3003	50%
21	LA LIBERTAD	BAMBAMARCA	6000	2095	3905	35%
22	LA LIBERTAD	NUEVO CONDORMARCA	6000	1766	4234	29%
23	LA LIBERTAD	LONGOTEA	6000	1277	4723	21%
24	LA LIBERTAD	UCHUCMARCA	6000	3691	2309	62%
25	LA LIBERTAD	UCUNCHA	6000	936	5064	16%
26	LA LIBERTAD	CHEPEN	6000	185	5815	3%
27	LA LIBERTAD	PACANGA	6000	356	5644	6%
28	LA LIBERTAD	PUEBLO NUEVO	6000	691	5309	12%
29	LA LIBERTAD	JULCAN	6000	3268	2732	54%
30	LA LIBERTAD	CALAMARCA	6000	3472	2528	58%
31	LA LIBERTAD	CARABAMBA	6000	2309	3691	38%
32	LA LIBERTAD	HUASO	6000	3389	2611	56%
33	LA LIBERTAD	OTUZCO	6000	2477	3523	41%
34	LA LIBERTAD	AGALLPAMPA	6000	2947	3053	49%
35	LA LIBERTAD	CHARAT	6000	1978	4022	33%
36	LA LIBERTAD	HUARANCHAL	6000	1515	4485	25%
37	LA LIBERTAD	LA CUESTA	6000	416	5584	7%
38	LA LIBERTAD	MACHE	6000	3193	2807	53%
39	LA LIBERTAD	PARANDAY	6000	2004	3996	33%
40	LA LIBERTAD	SALPO	6000	3151	2849	53%
41	LA LIBERTAD	SINSICAP	6000	257	5743	4%
42	LA LIBERTAD	USQUIL	6000	3158	2842	53%
43	LA LIBERTAD	SAN PEDRO DE LLOC	6000	785	5215	13%
44	LA LIBERTAD	GUADALUPE	6000	352	5648	6%
45	LA LIBERTAD	JEQUETEPEQUE	6000	775	5225	13%
46	LA LIBERTAD	PACASMAYO	6000	630	5370	10%
47	LA LIBERTAD	SAN JOSE	6000	470	5530	8%
48	LA LIBERTAD	TAYABAMBA	6000	1669	4331	28%
49	LA LIBERTAD	BULDIBUYO	6000	2524	3476	42%
50	LA LIBERTAD	ARCAYPATA	6000	1895	4105	32%
51	LA LIBERTAD	CHILLIA	6000	894	5106	15%
52	LA LIBERTAD	HUANCASPATA	6000	1104	4896	18%
53	LA LIBERTAD	HUAYLILLAS	6000	1581	4419	26%
54	LA LIBERTAD	HUAYO	6000	371	5629	6%
55	LA LIBERTAD	ONGON	6000	203	5797	3%
56	LA LIBERTAD	PARCOY	6000	3313	2687	55%
57	LA LIBERTAD	PATAZ	6000	589	5411	10%
58	LA LIBERTAD	PIAS	6000	1535	4465	26%
59	LA LIBERTAD	CHALLAS	6000	3099	2901	52%

60	LA LIBERTAD	TAURIJA	6000	1867	4133	31%
61	LA LIBERTAD	URPAY	6000	1585	4415	26%
62	LA LIBERTAD	HUAMACHUCO	6000	1193	4807	20%
63	LA LIBERTAD	CHUGAY	6000	3201	2799	53%
64	LA LIBERTAD	ARICAPAMPA	6000	1618	4382	27%
65	LA LIBERTAD	CURGOS	6000	3026	2974	50%
66	LA LIBERTAD	MARCABAL	6000	588	5412	10%
67	LA LIBERTAD	SANAGORAN	6000	2450	3550	41%
68	LA LIBERTAD	PAMPA VERDE	6000	3302	2698	55%
69	LA LIBERTAD	SARIN	6000	2874	3126	48%
70	LA LIBERTAD	SARTIMBAMBA	6000	1598	4402	27%
71	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO	6000	1928	4072	32%
72	LA LIBERTAD	ANGASMARCA	6000	80	5920	1%
73	LA LIBERTAD	CACHICADAN	6000	1820	4180	30%
74	LA LIBERTAD	MOLLEBAMBA	6000	1656	4344	28%
75	LA LIBERTAD	MOLLEPATA	6000	2851	3149	48%
76	LA LIBERTAD	QUIRUVILCA	6000	3643	2357	61%
77	LA LIBERTAD	SANTA CRUZ DE CHUCA	6000	1928	4072	32%
78	LA LIBERTAD	SITABAMBA	6000	3292	2708	55%
79	LA LIBERTAD	PIJOBAMBA	6000	4056	1944	68%
80	LA LIBERTAD	CASCAS	6000	32	5968	1%
81	LA LIBERTAD	9 DE OCTUBRE	6000	285	5715	5%
82	LA LIBERTAD	LUCMA	6000	1215	4785	20%
83	LA LIBERTAD	COMPIN	6000	1267	4733	21%
84	LA LIBERTAD	SAYAPULLO	6000	1526	4474	25%
85	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	6000	776	5224	13%
86	LA LIBERTAD	VIRU	6000	227	5773	4%
87	LA LIBERTAD	PUENTE VIRU	6000	157	5843	3%
88	LA LIBERTAD	CHAO	6000	107	5893	2%
89	LA LIBERTAD	GUADALUPITO	6000	294	5706	5%

En el figura N° 14 se observa que se cuenta con un 52% promedio de ahorro de energía eléctrica en los nodos de transporte de la provincia de Julcan, y en las provincias de Bolivar, Otuzco y Sanchez Carrion tiene un ahorro por encima del 35% de energía eléctrica.

Las otras provincias tienen un menor porcentaje de aporte de ahorro de energía eléctrica, sin embargo, se logra atenuar relativamente en consumo eléctrico.

Figura N°14 Ahorro de energía eléctrica Freecooling del aire atmosférico de las provincias de la región de La Libertad.



Ahorro de emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ o la huella de carbono del consumo eléctrico convencional de los nodos de transporte es como lo muestra la siguiente tabla N°15.

El cálculo se basa en que la energía eléctrica sostiene un factor de emisiones CO₂ según al tipo de energía generada, que parte desde la generación de energía eléctrica del mix energético del país (Gas Natural, Hidráulica, entre otros).

Tabla N°15 Ahorro de emisiones de CO₂ Freecooling de nodo transporte por localidad

LOCALIZACION			CONSUMO DE ENERGIA ANUAL				
Nro	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD	ENERGIA ANUAL HABITUAL (kWh)	ENERGIA ANUAL (FREECOOLING) (kWh)	AHORRO DE ENERGIA (kWh)	FACTOR CO2 (kgCO2/kWh)	AHORRO DE EMISIONES CO2 (kgCO2)
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO	52560	49529	3031	0.615	1864
2	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	52560	49448	3112	0.615	1914
3	LA LIBERTAD	FLORENCIA DE MORA	52560	49754	2806	0.615	1725
4	LA LIBERTAD	HUANCHACO	52560	48880	3680	0.615	2263

5	LA LIBERTAD	LA ESPERANZA	52560	49807	2753	0.615	1693
6	LA LIBERTAD	LAREDO	52560	48938	3622	0.615	2228
7	LA LIBERTAD	MOCHE	52560	50709	1851	0.615	1138
8	LA LIBERTAD	POROTO	52560	52560	0	0.615	0
9	LA LIBERTAD	SALAVERRY	52560	49004	3556	0.615	2187
10	LA LIBERTAD	SIMBAL	52560	51533	1027	0.615	632
11	LA LIBERTAD	BUENOS AIRES	52560	50530	2030	0.615	1249
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	52560	50225	2335	0.615	1436
13	LA LIBERTAD	CHICAMA	52560	49661	2899	0.615	1783
14	LA LIBERTAD	CHOCOPE	52560	49895	2665	0.615	1639
15	LA LIBERTAD	MAGDALENA DE CAO	52560	48367	4193	0.615	2578
16	LA LIBERTAD	PAIJAN	52560	49424	3136	0.615	1929
17	LA LIBERTAD	PUERTO DE MALABRIGO	52560	46675	5885	0.615	3619
18	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CAO	52560	48769	3791	0.615	2332
19	LA LIBERTAD	CASA GRANDE	52560	50014	2546	0.615	1566
20	LA LIBERTAD	BOLIVAR	52560	26307	26253	0.615	16145
21	LA LIBERTAD	BAMBAMARCA	52560	34209	18351	0.615	11286
22	LA LIBERTAD	NUEVO CONDORMARCA	52560	37090	15470	0.615	9514
23	LA LIBERTAD	LONGOTEA	52560	41374	11186	0.615	6879
24	LA LIBERTAD	UCHUCMARCA	52560	20223	32337	0.615	19887
25	LA LIBERTAD	UCUNCHA	52560	44360	8200	0.615	5043
26	LA LIBERTAD	CHEPEN	52560	50940	1620	0.615	996
27	LA LIBERTAD	PACANGA	52560	49445	3115	0.615	1916
28	LA LIBERTAD	PUEBLO NUEVO	52560	46507	6053	0.615	3722
29	LA LIBERTAD	JULCAN	52560	23931	28629	0.615	17607
30	LA LIBERTAD	CALAMARCA	52560	22142	30418	0.615	18707
31	LA LIBERTAD	CARABAMBA	52560	32337	20223	0.615	12437
32	LA LIBERTAD	HUASO	52560	22868	29692	0.615	18260
33	LA LIBERTAD	OTUZCO	52560	30865	21695	0.615	13342
34	LA LIBERTAD	AGALLPAMPA	52560	26746	25814	0.615	15876
35	LA LIBERTAD	CHARAT	52560	35232	17328	0.615	10657
36	LA LIBERTAD	HUARANCHAL	52560	39290	13270	0.615	8161
37	LA LIBERTAD	LA CUESTA	52560	48914	3646	0.615	2242
38	LA LIBERTAD	MACHE	52560	24587	27973	0.615	17203
39	LA LIBERTAD	PARANDAY	52560	35001	17559	0.615	10799
40	LA LIBERTAD	SALPO	52560	24959	27601	0.615	16975
41	LA LIBERTAD	SINSICAP	52560	50304	2256	0.615	1387
42	LA LIBERTAD	USQUIL	52560	24899	27661	0.615	17012
43	LA LIBERTAD	SAN PEDRO DE LLOC	52560	45682	6878	0.615	4230
44	LA LIBERTAD	GUADALUPE	52560	49472	3088	0.615	1899
45	LA LIBERTAD	JEQUETEPEQUE	52560	45767	6793	0.615	4178
46	LA LIBERTAD	PACASMAYO	52560	47041	5519	0.615	3394
47	LA LIBERTAD	SAN JOSE	52560	48441	4119	0.615	2533

48	LA LIBERTAD	TAYABAMBA	52560	37943	14617	0.615	8989
49	LA LIBERTAD	BULDIBUYO	52560	30450	22110	0.615	13597
50	LA LIBERTAD	ARCAYPATA	52560	35960	16600	0.615	10209
51	LA LIBERTAD	CHILLIA	52560	44728	7832	0.615	4817
52	LA LIBERTAD	HUANCASPATA	52560	42892	9668	0.615	5946
53	LA LIBERTAD	HUAYLILLAS	52560	38714	13846	0.615	8515
54	LA LIBERTAD	HUAYO	52560	49313	3247	0.615	1997
55	LA LIBERTAD	ONGON	52560	50786	1774	0.615	1091
56	LA LIBERTAD	PARCOY	52560	23539	29021	0.615	17848
57	LA LIBERTAD	PATAZ	52560	47402	5158	0.615	3172
58	LA LIBERTAD	PIAS	52560	39114	13446	0.615	8269
59	LA LIBERTAD	CHALLAS	52560	25413	27147	0.615	16696
60	LA LIBERTAD	TAURIJA	52560	36203	16357	0.615	10059
61	LA LIBERTAD	URPAY	52560	38677	13883	0.615	8538
62	LA LIBERTAD	HUAMACHUCO	52560	42111	10449	0.615	6426
63	LA LIBERTAD	CHUGAY	52560	24517	28043	0.615	17247
64	LA LIBERTAD	ARICAPAMPA	52560	38389	14171	0.615	8715
65	LA LIBERTAD	CURGOS	52560	26048	26512	0.615	16305
66	LA LIBERTAD	MARCABAL	52560	47411	5149	0.615	3167
67	LA LIBERTAD	SANAGORAN	52560	31100	21460	0.615	13198
68	LA LIBERTAD	PAMPA VERDE	52560	23634	28926	0.615	17790
69	LA LIBERTAD	SARIN	52560	27381	25179	0.615	15485
70	LA LIBERTAD	SARTIMBAMBA	52560	38563	13997	0.615	8608
71	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO	52560	35672	16888	0.615	10386
72	LA LIBERTAD	ANGASMARCA	52560	51859	701	0.615	431
73	LA LIBERTAD	CACHICADAN	52560	36619	15941	0.615	9804
74	LA LIBERTAD	MOLLEBAMBA	52560	38055	14505	0.615	8921
75	LA LIBERTAD	MOLLEPATA	52560	27581	24979	0.615	15362
76	LA LIBERTAD	QUIRUVILCA	52560	20651	31909	0.615	19624
77	LA LIBERTAD	SANTA CRUZ DE CHUCA	52560	35668	16892	0.615	10389
78	LA LIBERTAD	SITABAMBA	52560	23725	28835	0.615	17733
79	LA LIBERTAD	PIJOBAMBA	52560	17033	35527	0.615	21849
80	LA LIBERTAD	CASCAS	52560	52283	277	0.615	170
81	LA LIBERTAD	9 DE OCTUBRE	52560	50063	2497	0.615	1535
82	LA LIBERTAD	LUCMA	52560	41916	10644	0.615	6546
83	LA LIBERTAD	COMPIN	52560	41461	11099	0.615	6826
84	LA LIBERTAD	SAYAPULLO	52560	39195	13365	0.615	8220
85	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	52560	45760	6800	0.615	4182
86	LA LIBERTAD	VIRU	52560	50572	1988	0.615	1222
87	LA LIBERTAD	PUENTE VIRU	52560	51185	1375	0.615	846
88	LA LIBERTAD	CHAO	52560	51626	934	0.615	574
89	LA LIBERTAD	GUADALUPITO	52560	49983	2577	0.615	1585

En el figura N° 15 se observa que se cuenta desde el 15% al 17% de ahorro de emisiones de CO₂ lo sostienen las provincias de Otuzco, Pataz, Sanchez Carrion y Santiago de Chuco.

Las otras provincias tienen un menor porcentaje de aporte de ahorro emisiones de CO₂, la influencia de ello también depende de la cantidad de localidades que administra cada provincia.

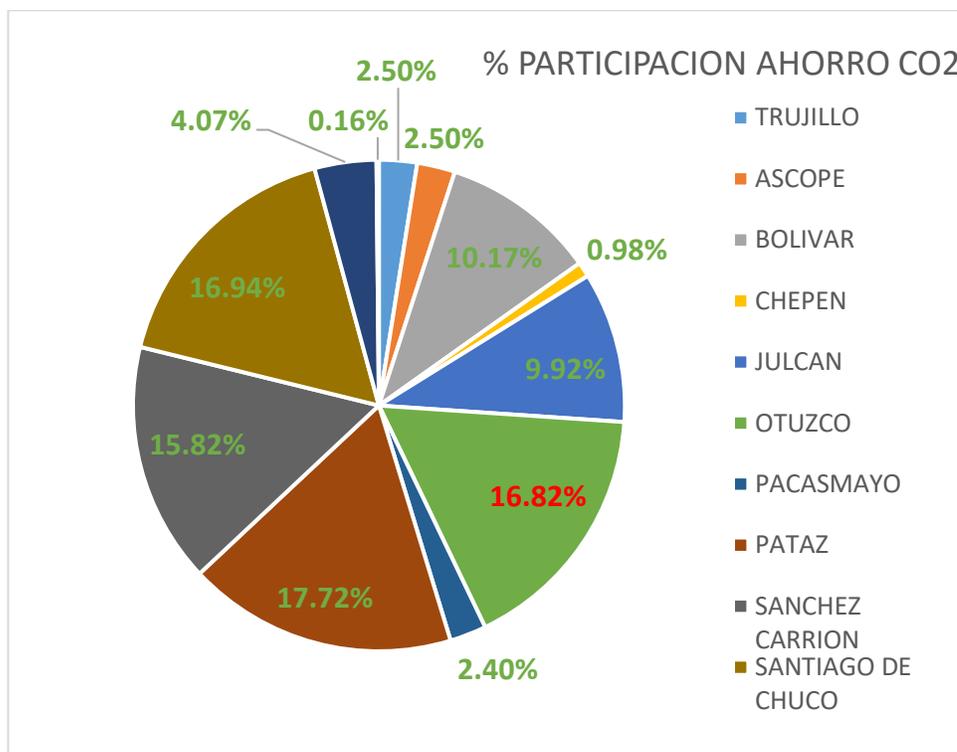


Figura N°15 Ahorro de emisiones CO₂ del aire atmosférico de las provincias de la región de La Libertad.

Ahorro económico

En el apartado 3.7 se obtuvo la cantidad de ahorro de energía eléctrica por el aporte Freecooling de los nodos transporte, dicho resultado es importante para el análisis económico.

El precio de la electricidad es regulado por OSINERGMIN y en la región La Libertad cuya tarifa en la categoría BT5B (uso no residencial) según la Figura N° 16:

Figura N°16 Tarifa eléctrica de usuario final BT5B (uso no residencial)

TARIFA BT5B		TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E	
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S//mes	4.22
	Cargo por Energía Activa	ctm. S//kW.h	76.62

En la tabla N.º 14 se aprecia el ahorro económico por localidad, y según la magnitud del ahorro energético se ve reflejado el ahorro económico correspondiente.

Tabla N°16 Ahorro económico de aporte de energía Freecooling de nodo transporte por localidad

OCALIZACION			CONSUMO DE ENERGIA ANUAL		
			AHORRO DE ENERGIA (kWh)	PRECIO ENERGIA ELECTRICA (Soles/kWh)	AHORRO ECONOMICO (S/.)
Nro	DEPARTAMENTO	LOCALIDAD			
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO	3031	0.7662	S/ 1,428.28
2	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	3112	0.7662	S/ 1,466.26
3	LA LIBERTAD	FLORENCIA DE MORA	2806	0.7662	S/ 1,322.08
4	LA LIBERTAD	HUANCHACO	3680	0.7662	S/ 1,734.00
5	LA LIBERTAD	LA ESPERANZA	2753	0.7662	S/ 1,297.48
6	LA LIBERTAD	LAREDO	3622	0.7662	S/ 1,706.80
7	LA LIBERTAD	MOCHE	1851	0.7662	S/ 872.05
8	LA LIBERTAD	POROTO	0	0.7662	S/ 0.00
9	LA LIBERTAD	SALAVERRY	3556	0.7662	S/ 1,675.63
10	LA LIBERTAD	SIMBAL	1027	0.7662	S/ 484.03
11	LA LIBERTAD	BUENOS AIRES	2030	0.7662	S/ 956.77
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	2335	0.7662	S/ 1,100.49
13	LA LIBERTAD	CHICAMA	2899	0.7662	S/ 1,366.22
14	LA LIBERTAD	CHOCOPE	2665	0.7662	S/ 1,255.79
15	LA LIBERTAD	MAGDALENA DE CAO	4193	0.7662	S/ 1,975.58
16	LA LIBERTAD	PAIJAN	3136	0.7662	S/ 1,477.64
17	LA LIBERTAD	PUERTO DE MALABRIGO	5885	0.7662	S/ 2,773.26
18	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CAO	3791	0.7662	S/ 1,786.41
19	LA LIBERTAD	CASA GRANDE	2546	0.7662	S/ 1,199.71
20	LA LIBERTAD	BOLIVAR	26253	0.7662	S/ 12,370.64
21	LA LIBERTAD	BAMBAMARCA	18351	0.7662	S/ 8,647.26
22	LA LIBERTAD	NUEVO CONDORMARCA	15470	0.7662	S/ 7,289.63
23	LA LIBERTAD	LONGOTEA	11186	0.7662	S/ 5,270.80
24	LA LIBERTAD	UCHUCMARCA	32337	0.7662	S/ 15,237.64

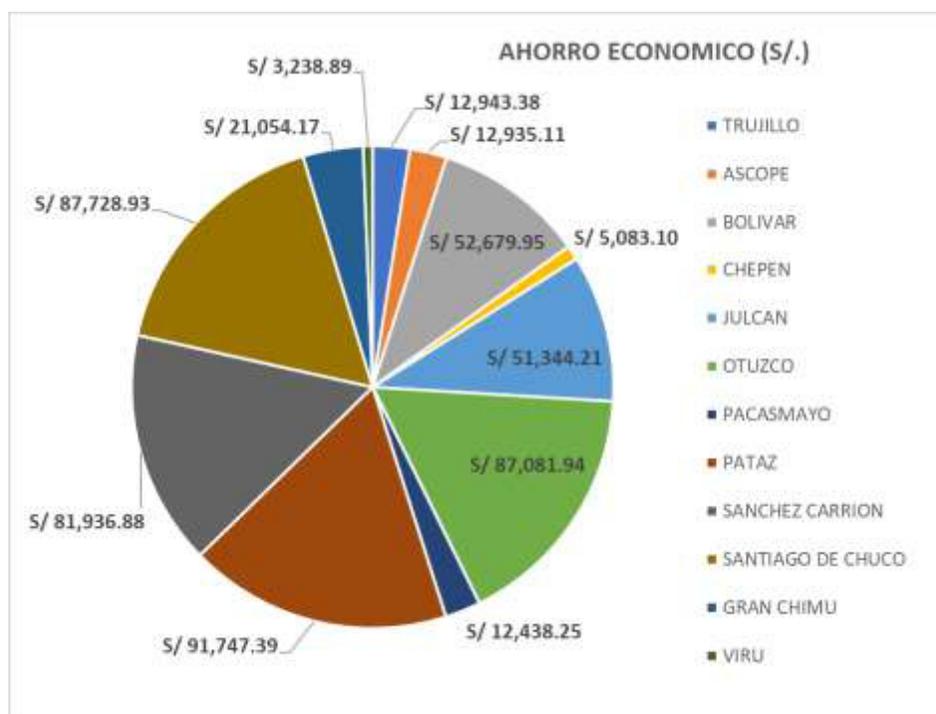
25	LA LIBERTAD	UCUNCHA	8200	0.7662	S/ 3,863.97
26	LA LIBERTAD	CHEPEN	1620	0.7662	S/ 763.26
27	LA LIBERTAD	PACANGA	3115	0.7662	S/ 1,467.68
28	LA LIBERTAD	PUEBLO NUEVO	6053	0.7662	S/ 2,852.15
29	LA LIBERTAD	JULCAN	28629	0.7662	S/ 13,490.33
30	LA LIBERTAD	CALAMARCA	30418	0.7662	S/ 14,333.35
31	LA LIBERTAD	CARABAMBA	20223	0.7662	S/ 9,529.48
32	LA LIBERTAD	HUASO	29692	0.7662	S/ 13,991.04
33	LA LIBERTAD	OTUZCO	21695	0.7662	S/ 10,222.89
34	LA LIBERTAD	AGALLPAMPA	25814	0.7662	S/ 12,164.08
35	LA LIBERTAD	CHARAT	17328	0.7662	S/ 8,165.32
36	LA LIBERTAD	HUARANCHAL	13270	0.7662	S/ 6,253.13
37	LA LIBERTAD	LA CUESTA	3646	0.7662	S/ 1,718.12
38	LA LIBERTAD	MACHE	27973	0.7662	S/ 13,181.02
39	LA LIBERTAD	PARANDAY	17559	0.7662	S/ 8,274.05
40	LA LIBERTAD	SALPO	27601	0.7662	S/ 13,006.12
41	LA LIBERTAD	SINSICAP	2256	0.7662	S/ 1,062.90
42	LA LIBERTAD	USQUIL	27661	0.7662	S/ 13,034.30
43	LA LIBERTAD	SAN PEDRO DE LLOC	6878	0.7662	S/ 3,240.83
44	LA LIBERTAD	GUADALUPE	3088	0.7662	S/ 1,454.95
45	LA LIBERTAD	JEQUETEPEQUE	6793	0.7662	S/ 3,200.89
46	LA LIBERTAD	PACASMAYO	5519	0.7662	S/ 2,600.44
47	LA LIBERTAD	SAN JOSE	4119	0.7662	S/ 1,941.14
48	LA LIBERTAD	TAYABAMBA	14617	0.7662	S/ 6,887.66
49	LA LIBERTAD	BULDIBUYO	22110	0.7662	S/ 10,418.39
50	LA LIBERTAD	ARCAYPATA	16600	0.7662	S/ 7,821.97
51	LA LIBERTAD	CHILLIA	7832	0.7662	S/ 3,690.49
52	LA LIBERTAD	HUANCASPATA	9668	0.7662	S/ 4,555.49
53	LA LIBERTAD	HUAYLILLAS	13846	0.7662	S/ 6,524.21
54	LA LIBERTAD	HUAYO	3247	0.7662	S/ 1,530.25
55	LA LIBERTAD	ONGON	1774	0.7662	S/ 835.99
56	LA LIBERTAD	PARCOY	29021	0.7662	S/ 13,675.29
57	LA LIBERTAD	PATAZ	5158	0.7662	S/ 2,430.37
58	LA LIBERTAD	PIAS	13446	0.7662	S/ 6,336.03
59	LA LIBERTAD	CHALLAS	27147	0.7662	S/ 12,792.09
60	LA LIBERTAD	TAURIJA	16357	0.7662	S/ 7,707.49
61	LA LIBERTAD	URPAY	13883	0.7662	S/ 6,541.66
62	LA LIBERTAD	HUAMACHUCO	10449	0.7662	S/ 4,923.47
63	LA LIBERTAD	CHUGAY	28043	0.7662	S/ 13,214.44
64	LA LIBERTAD	ARICAPAMPA	14171	0.7662	S/ 6,677.63
65	LA LIBERTAD	CURGOS	26512	0.7662	S/ 12,492.58
66	LA LIBERTAD	MARCABAL	5149	0.7662	S/ 2,426.19
67	LA LIBERTAD	SANAGORAN	21460	0.7662	S/ 10,112.02

68	LA LIBERTAD	PAMPA VERDE	28926	0.7662	S/ 13,630.42
69	LA LIBERTAD	SARIN	25179	0.7662	S/ 11,864.56
70	LA LIBERTAD	SARTIMBAMBA	13997	0.7662	S/ 6,595.57
71	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO	16888	0.7662	S/ 7,957.84
72	LA LIBERTAD	ANGASMARCA	701	0.7662	S/ 330.26
73	LA LIBERTAD	CACHICADAN	15941	0.7662	S/ 7,511.79
74	LA LIBERTAD	MOLLEBAMBA	14505	0.7662	S/ 6,835.18
75	LA LIBERTAD	MOLLEPATA	24979	0.7662	S/ 11,770.36
76	LA LIBERTAD	QUIRUVILCA	31909	0.7662	S/ 15,035.78
77	LA LIBERTAD	SANTA CRUZ DE CHUCA	16892	0.7662	S/ 7,959.68
78	LA LIBERTAD	SITABAMBA	28835	0.7662	S/ 13,587.34
79	LA LIBERTAD	PIJOBAMBA	35527	0.7662	S/ 16,740.71
80	LA LIBERTAD	CASCAS	277	0.7662	S/ 130.33
81	LA LIBERTAD	9 DE OCTUBRE	2497	0.7662	S/ 1,176.47
82	LA LIBERTAD	LUCMA	10644	0.7662	S/ 5,015.38
83	LA LIBERTAD	COMPIN	11099	0.7662	S/ 5,229.88
84	LA LIBERTAD	SAYAPULLO	13365	0.7662	S/ 6,297.89
85	LA LIBERTAD	EL PORVENIR	6800	0.7662	S/ 3,204.21
86	LA LIBERTAD	VIRU	1988	0.7662	S/ 936.63
87	LA LIBERTAD	PUENTE VIRU	1375	0.7662	S/ 647.93
88	LA LIBERTAD	CHAO	934	0.7662	S/ 439.90
89	LA LIBERTAD	GUADALUPITO	2577	0.7662	S/ 1,214.43

Realizando un compilado de la información, se agrupan las localidades por regiones y se establecen el ahorro económico que representa cada provincia según la tabla N.º 17 y Figura N.º 17.

Tabla N°17 Ahorro económico por aporte energético Freecooling disponible del aire atmosférico de las provincias de la región de La Libertad.

Provincia	Cantidas de localidades	Humedad relativa media (%)	Temperatura media (°C)	AHORRO ECONOMICO (S/.)
TRUJILLO	11	91	20	S/ 12,943.38
ASCOPE	8	88	19	S/ 12,935.11
BOLIVAR	6	86	13	S/ 52,679.95
CHEPEN	3	82	21	S/ 5,083.10
JULCAN	4	92	9	S/ 51,344.21
OTUZCO	10	90	13	S/ 87,081.94
PACASMAYO	5	81	19	S/ 12,438.25
PATAZ	14	79	16	S/ 91,747.39
SANCHEZ CARRION	9	88	12	S/ 81,936.88
SANTIAGO DE CHUCO	9	91	12	S/ 87,728.93
GRAN CHIMU	6	90	18	S/ 21,054.17
VIRU	4	95	21	S/ 3,238.89
TOTAL AHORRO REGION LA LIBERTAD				S/ 520,212.20



Fuente: Propia

El ahorro económico total de las 89 localidades de la región La Libertad asciende a S/.520,212.20, y este valor significativo representa en el tiempo un índice económico que sugiere

la posibilidad de reducción de los activos por operación y mantenimiento que necesitan las estaciones a lo largo de su operación.

Inversión y retorno de Freecooling a nodos transporte.

La inversión correspondiente al aprovechamiento Freecooling corresponde al reemplazo de un equipo de aire acondicionado tipo confort (estándar) por un equipo de aire acondicionado de precisión (con economizador Freecooling). En la tabla N°18 se aprecia el costo de ambos equipos y lo que representa la diferencia de costos y en efecto la inversión.

Tabla N°18 - Precio de equipos de aire acondicionado e Inversión

Equipo de aire acondicionado	Precio
Estándar	S/ 34,700.00
Precisión (Freecooling)	S/ 38,200.00
Inversión	S/ 3,500.00

Fuente: Propia

Luego en base a la inversión homogénea de S/. 3,500.00 para todas las estaciones de transporte, se calcula el tiempo de retorno de la inversión según el ahorro económico que se tiene de cada localidad, tal como se muestra en la Tabla N° 19.

Tabla N°19 Retorno de Inversión de aporte de energía Freecooling de nodo transporte por localidad

LOCALIZACION				CONSUMO DE ENERGIA ANUAL		
Nro	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	LOCALIDAD	AHORRO ECONOMICO (S/.)	INVERSION (S/.)	TIEMPO RETORNO INVERSION (AÑOS)
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO	TRUJILLO	S/ 1,428.28	S/ 3,500.00	2.5
2	LA LIBERTAD		EL PORVENIR	S/ 1,466.26	S/ 3,500.00	2.4
3	LA LIBERTAD		FLORENCIA DE MORA	S/ 1,322.08	S/ 3,500.00	2.6
4	LA LIBERTAD		HUANCHACO	S/ 1,734.00	S/ 3,500.00	2.0
5	LA LIBERTAD		LA ESPERANZA	S/ 1,297.48	S/ 3,500.00	2.7
6	LA LIBERTAD		LAREDO	S/ 1,706.80	S/ 3,500.00	2.1

7	LA LIBERTAD		MOCHE	S/ 872.05	S/ 3,500.00	4.0
8	LA LIBERTAD		POROTO	S/ 0.00	S/ 3,500.00	-
9	LA LIBERTAD		SALAVERRY	S/ 1,675.63	S/ 3,500.00	2.1
10	LA LIBERTAD		SIMBAL	S/ 484.03	S/ 3,500.00	7.2
11	LA LIBERTAD		BUENOS AIRES	S/ 956.77	S/ 3,500.00	3.7
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	ASCOPE	S/ 1,100.49	S/ 3,500.00	3.2
13	LA LIBERTAD		CHICAMA	S/ 1,366.22	S/ 3,500.00	2.6
14	LA LIBERTAD		CHOCOPE	S/ 1,255.79	S/ 3,500.00	2.8
15	LA LIBERTAD		MAGDALENA DE CAO	S/ 1,975.58	S/ 3,500.00	1.8
16	LA LIBERTAD		PAIJAN	S/ 1,477.64	S/ 3,500.00	2.4
17	LA LIBERTAD		PUERTO DE MALABRIGO	S/ 2,773.26	S/ 3,500.00	1.3
18	LA LIBERTAD		SANTIAGO DE CAO	S/ 1,786.41	S/ 3,500.00	2.0
19	LA LIBERTAD		CASA GRANDE	S/ 1,199.71	S/ 3,500.00	2.9
20	LA LIBERTAD	BOLIVAR	BOLIVAR	S/ 12,370.64	S/ 3,500.00	0.3
21	LA LIBERTAD		BAMBAMARCA	S/ 8,647.26	S/ 3,500.00	0.4
22	LA LIBERTAD		NUEVO CONDORMARCA	S/ 7,289.63	S/ 3,500.00	0.5
23	LA LIBERTAD		LONGOTEA	S/ 5,270.80	S/ 3,500.00	0.7
24	LA LIBERTAD		UCHUCMARCA	S/ 15,237.64	S/ 3,500.00	0.2
25	LA LIBERTAD		UCUNCHA	S/ 3,863.97	S/ 3,500.00	0.9
26	LA LIBERTAD	CHEPEN	CHEPEN	S/ 763.26	S/ 3,500.00	4.6
27	LA LIBERTAD		PACANGA	S/ 1,467.68	S/ 3,500.00	2.4
28	LA LIBERTAD		PUEBLO NUEVO	S/ 2,852.15	S/ 3,500.00	1.2
29	LA LIBERTAD	JULCAN	JULCAN	S/ 13,490.33	S/ 3,500.00	0.3
30	LA LIBERTAD		CALAMARCA	S/ 14,333.35	S/ 3,500.00	0.2
31	LA LIBERTAD		CARABAMBA	S/ 9,529.48	S/ 3,500.00	0.4
32	LA LIBERTAD		HUASO	S/ 13,991.04	S/ 3,500.00	0.3
33	LA LIBERTAD	OTUZCO	OTUZCO	S/ 10,222.89	S/ 3,500.00	0.3
34	LA LIBERTAD		AGALLPAMPA	S/ 12,164.08	S/ 3,500.00	0.3
35	LA LIBERTAD		CHARAT	S/ 8,165.32	S/ 3,500.00	0.4
36	LA LIBERTAD		HUARANCHAL	S/ 6,253.13	S/ 3,500.00	0.6
37	LA LIBERTAD		LA CUESTA	S/ 1,718.12	S/ 3,500.00	2.0
38	LA LIBERTAD		MACHE	S/ 13,181.02	S/ 3,500.00	0.3
39	LA LIBERTAD		PARANDAY	S/ 8,274.05	S/ 3,500.00	0.4
40	LA LIBERTAD		SALPO	S/ 13,006.12	S/ 3,500.00	0.3
41	LA LIBERTAD		SINSICAP	S/ 1,062.90	S/ 3,500.00	3.3
42	LA LIBERTAD		USQUIL	S/ 13,034.30	S/ 3,500.00	0.3
43	LA LIBERTAD	PACASMAYO	SAN PEDRO DE LLOC	S/ 3,240.83	S/ 3,500.00	1.1
44	LA LIBERTAD		GUADALUPE	S/ 1,454.95	S/ 3,500.00	2.4
45	LA LIBERTAD		JEQUETEPEQUE	S/ 3,200.89	S/ 3,500.00	1.1
46	LA LIBERTAD		PACASMAYO	S/ 2,600.44	S/ 3,500.00	1.3
47	LA LIBERTAD		SAN JOSE	S/ 1,941.14	S/ 3,500.00	1.8
48	LA LIBERTAD	PATAZ	TAYABAMBA	S/ 6,887.66	S/ 3,500.00	0.5
49	LA LIBERTAD		BULDIBUYO	S/ 10,418.39	S/ 3,500.00	0.3

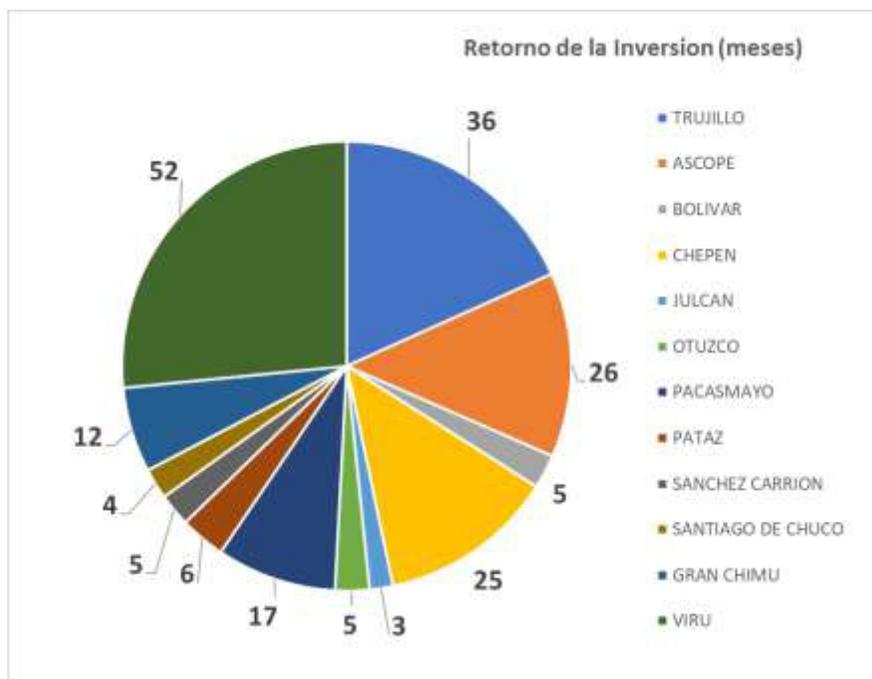
50	LA LIBERTAD		ARCAYPATA	S/ 7,821.97	S/ 3,500.00	0.4
51	LA LIBERTAD		CHILLIA	S/ 3,690.49	S/ 3,500.00	0.9
52	LA LIBERTAD		HUANCASPATA	S/ 4,555.49	S/ 3,500.00	0.8
53	LA LIBERTAD		HUAYLILLAS	S/ 6,524.21	S/ 3,500.00	0.5
54	LA LIBERTAD		HUAYO	S/ 1,530.25	S/ 3,500.00	2.3
55	LA LIBERTAD		ONGON	S/ 835.99	S/ 3,500.00	4.2
56	LA LIBERTAD		PARCOY	S/ 13,675.29	S/ 3,500.00	0.3
57	LA LIBERTAD		PATAZ	S/ 2,430.37	S/ 3,500.00	1.4
58	LA LIBERTAD		PIAS	S/ 6,336.03	S/ 3,500.00	0.6
59	LA LIBERTAD		CHALLAS	S/ 12,792.09	S/ 3,500.00	0.3
60	LA LIBERTAD		TAURIJA	S/ 7,707.49	S/ 3,500.00	0.5
61	LA LIBERTAD		URPAY	S/ 6,541.66	S/ 3,500.00	0.5
62	LA LIBERTAD		HUAMACHUCO	S/ 4,923.47	S/ 3,500.00	0.7
63	LA LIBERTAD		CHUGAY	S/ 13,214.44	S/ 3,500.00	0.3
64	LA LIBERTAD		ARICAPAMPA	S/ 6,677.63	S/ 3,500.00	0.5
65	LA LIBERTAD		CURGOS	S/ 12,492.58	S/ 3,500.00	0.3
66	LA LIBERTAD	SANCHEZ CARRION	MARCABAL	S/ 2,426.19	S/ 3,500.00	1.4
67	LA LIBERTAD		SANAGORAN	S/ 10,112.02	S/ 3,500.00	0.3
68	LA LIBERTAD		PAMPA VERDE	S/ 13,630.42	S/ 3,500.00	0.3
69	LA LIBERTAD		SARIN	S/ 11,864.56	S/ 3,500.00	0.3
70	LA LIBERTAD		SARTIMBAMBA	S/ 6,595.57	S/ 3,500.00	0.5
71	LA LIBERTAD		SANTIAGO DE CHUCO	S/ 7,957.84	S/ 3,500.00	0.4
72	LA LIBERTAD		ANGASMARCA	S/ 330.26	S/ 3,500.00	10.6
73	LA LIBERTAD		CACHICADAN	S/ 7,511.79	S/ 3,500.00	0.5
74	LA LIBERTAD		MOLLEBAMBA	S/ 6,835.18	S/ 3,500.00	0.5
75	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO	MOLLEPATA	S/ 11,770.36	S/ 3,500.00	0.3
76	LA LIBERTAD		QUIRUVILCA	S/ 15,035.78	S/ 3,500.00	0.2
77	LA LIBERTAD		SANTA CRUZ DE CHUCA	S/ 7,959.68	S/ 3,500.00	0.4
78	LA LIBERTAD		SITABAMBA	S/ 13,587.34	S/ 3,500.00	0.3
79	LA LIBERTAD		PIJOBAMBA	S/ 16,740.71	S/ 3,500.00	0.2
80	LA LIBERTAD		CASCAS	S/ 130.33	S/ 3,500.00	26.9
81	LA LIBERTAD		9 DE OCTUBRE	S/ 1,176.47	S/ 3,500.00	3.0
82	LA LIBERTAD	GRAN CHIMU	LUCMA	S/ 5,015.38	S/ 3,500.00	0.7
83	LA LIBERTAD		COMPIN	S/ 5,229.88	S/ 3,500.00	0.7
84	LA LIBERTAD		SAYAPULLO	S/ 6,297.89	S/ 3,500.00	0.6
85	LA LIBERTAD		EL PORVENIR	S/ 3,204.21	S/ 3,500.00	1.1
86	LA LIBERTAD		VIRU	S/ 936.63	S/ 3,500.00	3.7
87	LA LIBERTAD	VIRU	PUENTE VIRU	S/ 647.93	S/ 3,500.00	5.4
88	LA LIBERTAD		CHAO	S/ 439.90	S/ 3,500.00	8.0
89	LA LIBERTAD		GUADALUPITO	S/ 1,214.43	S/ 3,500.00	2.9

Tabla N°20 Retorno de la inversion por aporte energético Freecooling disponible del aire atmosférico de las provincias de la región de La Libertad.

Provincia	Cantidad de localidades	Humedad relativa media (%)	Temperatura media (°C)	Retorno de la Inversion (años)	Retorno de la Inversion (meses)
TRUJILLO	11	91	20	2.97	36
ASCOPE	8	88	19	2.16	26
BOLIVAR	6	86	13	0.40	5
CHEPEN	3	82	21	2.07	25
JULCAN	4	92	9	0.27	3
OTUZCO	10	90	13	0.40	5
PACASMAYO	5	81	19	1.41	17
PATAZ	14	79	16	0.53	6
SANCHEZ CARRION	9	88	12	0.38	5
SANTIAGO DE CHUCO	9	91	12	0.36	4
GRAN CHIMU	6	90	18	1.00	12
VIRU	4	95	21	4.32	52
TOTAL AHORRO REGION LA LIBERTAD				0.60	7

Fuente: Propia

Figura N°18 Retorno de la inversion por aporte energético Freecooling disponible del aire atmosférico de las provincias de la región de La Libertad.



Fuente: Propia

Como se aprecia en la Tabla N° 20 y Figura N° 18, se tienen los meses de retorno de la inversión, entendiéndose que las provincias de Viru, Trujillo, Ascope, Chepén y Pacasmayo cuentan con un retorno de inversión considerablemente mayor a 1 año, sin embargo, las 7 provincias restantes tienen un retorno de la inversión menor a 1 año.

Por otro lado, para las 89 localidades de las 12 provincias de la región La Libertad conciben un retorno de la inversión de 7 meses respecto al ahorro económico e inversión total.

3.2. DISCUSION

Empleando los valores estadísticos de clima de la región La Libertad y en base a la demanda de 12kW térmicos de refrigeración a 2200 m³/h en las salas técnicas de cada localidad se pudo estimar el potencial exterior Free cooling de las localidades que varían desde 1kW hasta los 11kW, resultando obtener un promedio de un 52% de ahorro energético en el empleo de esta tecnología en toda la región. La metodología también fue utilizada por Lee y Chen (2013) en su artículo de investigación llamada “Análisis del potencial de ahorro de energía del free cooling del lado del aire para centros de datos en zonas climáticas de todo el mundo” con indicador de un enfriamiento gratuito de hasta el 90% total de las 17 zonas de estudio.

El aprovechamiento de este sistema de enfriamiento gratuito es factible técnica y económicamente para las localidades cuyas temperaturas promedio están por debajo de 16°C, y para el resto de las localidades con temperatura cálida por encima de los 16°C resultaría no aprovechable por la bajo nivel de enfriamiento gratuito disponible, por lo tanto será necesario utilizar otro mecanismo de ahorro de energía eléctrica, como podría ser el uso de energías renovables adicionales como la tecnología de paneles solares o turbinas eólicas.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Las condiciones climáticas de las 89 localidades de las 12 provincias que compone la región de la Libertad son muy variadas, ya que su geografía se compone de las zonas geográficas costa y sierra, luego en base al análisis de temperatura promedio y humedad relativa se pudo determinar que la variación de estos indicadores climatológicos establece el nivel de demanda de climatización que se necesita en las estaciones de fibra óptica. Por otro lado, las características psicométricas del aire exterior son influenciadas por estas condiciones iniciales de temperatura y humedad, lo que facilita luego el análisis del potencial energético.
- El consumo de electricidad en cada estación radio base es de 6000W, debido a que todas disponen del mismo equipamiento eléctrico, electrónico y de comunicaciones, por lo que la demanda térmica de la sala técnica es la misma que se pretende sostener en su climatización.
- El potencial energético de aire frío exterior que se dispone en cada localidad es muy variado, es por ello que se establece como potencial energético al salto entalpico, cuyo valor en la provincia de Trujillo es de una media de 1.40 kJ/kg y en la provincia de Jucán con 22.14 kJ/kg, este valor diferenciado es influenciado por la temperatura media de 20°C y 9°C que se sostienen en las provincias de Trujillo y Jucán respectivamente.
- Luego de determinar el potencial energético de cada localidad teniendo en cuenta el salto entalpico, se logro establecer el ahorro energético que conlleva el aprovechamiento de este salto entalpico mediante el uso del equipo de aire acondicionado con sistema Free-cooling integrado, en el caso de las provincias de Trujillo se establece un ahorro energético del 9% y esto es debido a que la temperatura media es de 20°C, sin embargo

la provincia de Julcan cuenta con un ahorro energético de 93% cuya temperatura media es de 9°C, las demás provincias también cuentan con ahorros energéticos sustanciales.

- La reducción del consumo energético conlleva una reducción en el consumo de la electricidad en cada estación radio base, por lo tanto se establece que en la provincia de Trujillo con mayor temperatura el ahorro de electricidad es del 5% mientras que en la provincia de Julcán el ahorro de electricidad es del 54% debido a la baja temperatura que consigna.
- El ahorro de electricidad conlleva un ahorro en las emisiones de CO₂ debido a que en la cadena de generación, transporte y distribución de establecen consumo de energías fósiles o energías no renovables que brindan su aporte de gases de dióxido de carbono al ambiente. En este caso se logro determinar un ahorro de CO₂ en 678 Tn CO₂/ año distribuido en el aporte de las 89 localidades.
- El ahorro de electricidad conlleva también un ahorro económico en base al precio de la energía activa de consumo de las redes del concesionario eléctrico, se establece que en base al ahorro de energía eléctrica se ahorra un global de S/. 520 212.00 al año distribuido en el aporte de las 89 localidades.
- En base al ahorro económico y debido al cambio del equipo de aire acondicionado con sistema Free cooling se establece que el retorno de la inversión en cada localidad es variado, de manera global en la región La Libertad se ha resultado un retorno de inversión de 7 meses y pasado este tiempo solo se reflejarían ganancias en base al ahorro económico.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda la implementación de otras soluciones cuyo aprovechamiento también es determinante según la ubicación geográfica de cada estación radio base, por ejemplo,

contemplar el uso de paneles fotovoltaicos para contrarrestar el consumo eléctrico, el uso de la geotermia con bombas de calor desde el subsuelo, entre otros.

- Es importante monitorear el comportamiento de la temperatura y humedad de las localidades según el avance de los años, esto debido a que con el paso del tiempo y debido al cambio climático la tendencia de las condiciones climatológicas de las regiones va en aumento.

REFERENCIA

- [1] C. R. Sampedro Guamán, S. A. Machuca Vivar, D. P. Palma Rivera y B. E. Villalta Jadan, «Impacto ambiental por consumo de energía eléctrica en los Data Centers.,» *Scielo*, 2021.
- [2] C.-C. W. Hafiz M. Daraghmeh, «A review of current status of free cooling in datacenters,» *ScienceDirect*, 2017.
- [3] S. S. H. X. H. Z. C. T. Hainan Zhang, «Free cooling of data centers: A review,» *ScienceDirect*, 2014.
- [4] H.-L. C. Kuei-Peng Lee, «Analysis of energy saving potential of air-side free cooling for data centers in worldwide climate zones,» *ScienceDirect*, 2013.
- [5] Pronatel, «Proyectos Instalación de Banda Ancha para la Conectividad Integral y Desarrollo Social de las Regiones: Ancash, Arequipa, La Libertad, Huánuco, Pasco y San Martín :: Proinversión,» Lima, Peru., 2021.
- [6] Hidrandina, «Memoria Anual,» Trujillo, 2019.
- [7] Y. Z. Q. M. Yi Chen, «Study of ventilation cooling technology for telecommunication base stations: Control strategy and application strategy,» *Elsevier*, 2012.
- [8] Y.-J. Z. S. T. J. Z. Tian-Jian Yang, «How to assess and manage energy performance of numerous telecommunication base stations: Evidence in China,» *Elsevier*, 2016.
- [9] B. W. Q. Z. Yong Yang, «Energy Saving Analysis of Free Cooling System in the Data Center,» *ScienceDirect*, 2017.
- [10] P. S. C. B. E.A. Amado, «Free cooling potential for Brazilian data centers based on approach point methodology,» *ScienceDirect*, 2021.

V. ANEXOS

Wall-Air Evolution de STULZ

Unidad de aire acondicionado de precisión para instalación en exteriores

En los contenedores de telecomunicaciones, el espacio interior es vital. Las unidades **Wall-Air Evolution** se instalan en el exterior del contenedor, con lo que se optimiza el uso del espacio del contenedor. Los aparatos de aire acondicionado compactos e impermeables funcionan siguiendo el principio de desplazamiento y están listos para ser conectados y funcionar. Las unidades utilizan los modos Free Cooling y mixto, y por tanto consiguen ahorros de hasta el 84 % en costes operativos.

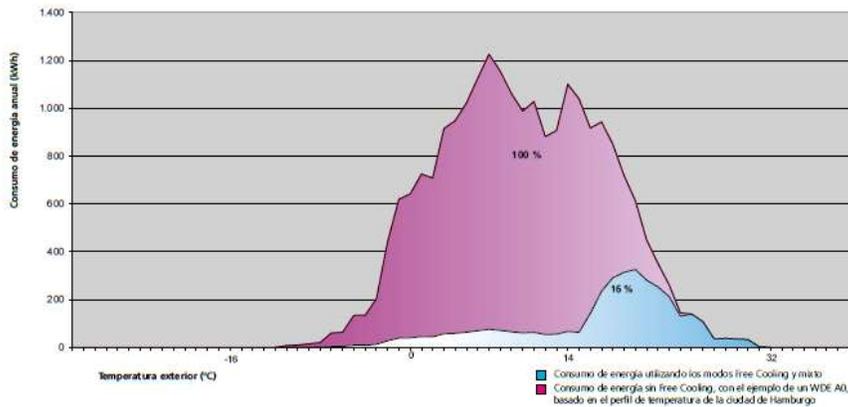
Los aparatos Wall-Air-Evolution están disponibles en la **versión WDE** con compresor de revoluciones constantes o en la **versión WDI** con compresor EC de revoluciones reguladas.



Nuevo modelo: Wall-Air-Evolution con compresor EC (WDI)

Free Cooling	•
Modo mixto	•
Desplazamiento	•
Impulsión superior	
Impulsión inferior	
Instalación en exteriores	•
Enchufar y usar	•

Hasta el 84 % de ahorro en costes operativos gracias a los modos Free Cooling y mixto



ANEXO N°01: DATA SHEET EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO FREE COOLING

Wall-Air Evolution de STULZ

Unidad de aire acondicionado de precisión para instalación en exteriores

Características de Wall-Air Evolution

- Costes operativos reducidos gracias a:
 - Modos Free Cooling y mixto
 - Principio de desplazamiento
 - Control de presión de condensación
- Probado en fábrica, relleno con refrigerante y listo para entrar en funcionamiento desde el primer momento
- Condiciones del aire exterior -20/+50 °C invierno/verano
- Reencendido automático después de un fallo eléctrico.
- Refrigerante R407C

Opcionales

- Funcionamiento a alta temperatura hasta 55°C con R134a
- Kit invernal para hasta -40°C
- Arranque suave del compresor para una baja corriente de arranque
- Cableado eléctrico con conector para "enchufar y usar"

Ventajas del compresor EC de revoluciones reguladas (versión WDI)

- Eficiencia energética máxima en modo de carga parcial
- Temperatura constante del aire de suministro
- Refrigerante R410A

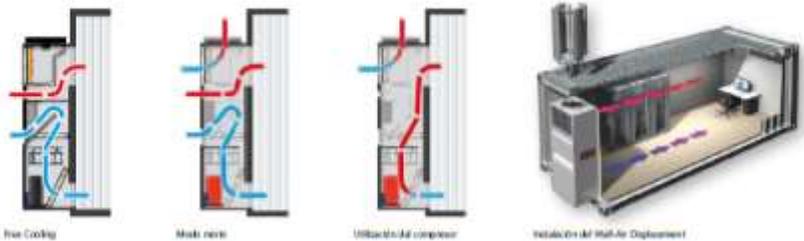
- Monitor de filtro y alarma de caudal de aire
- Sensores de temperatura interior y exterior
- Filtro de aire G4 zigzag
- Intercambiador de calor con tecnología microcanal
- Microprocesador C2020



- Terminal de usuario externo para el C2020
- Resistencia eléctrica
- Sensor de humedad
- Interfaz WB 1000

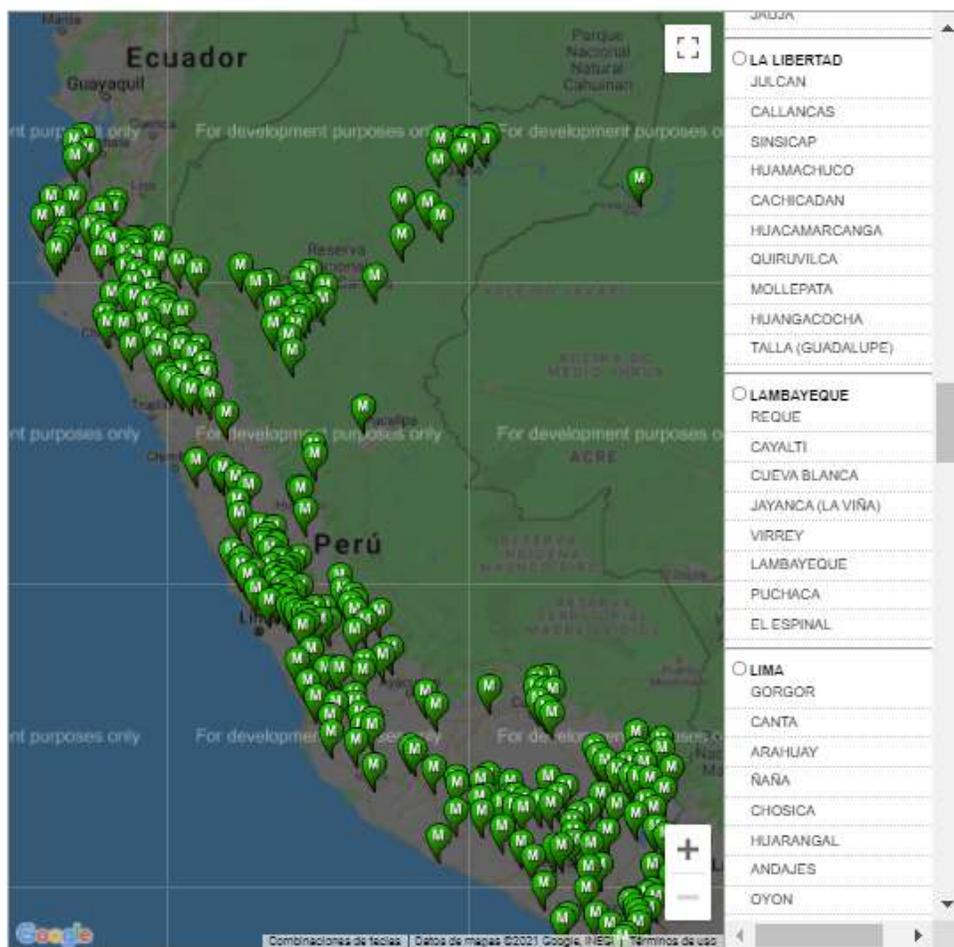
- Arranque suave de compresor integrado
- Larga vida de servicio gracias al funcionamiento continuo sin ciclos de conexión/desconexión del compresor

Distribución de aire del Wall-Air Displacement



ANEXO N°02: DETALLE DE INSTALACION DE AIRE ACONDICIONADO FREE COOLING

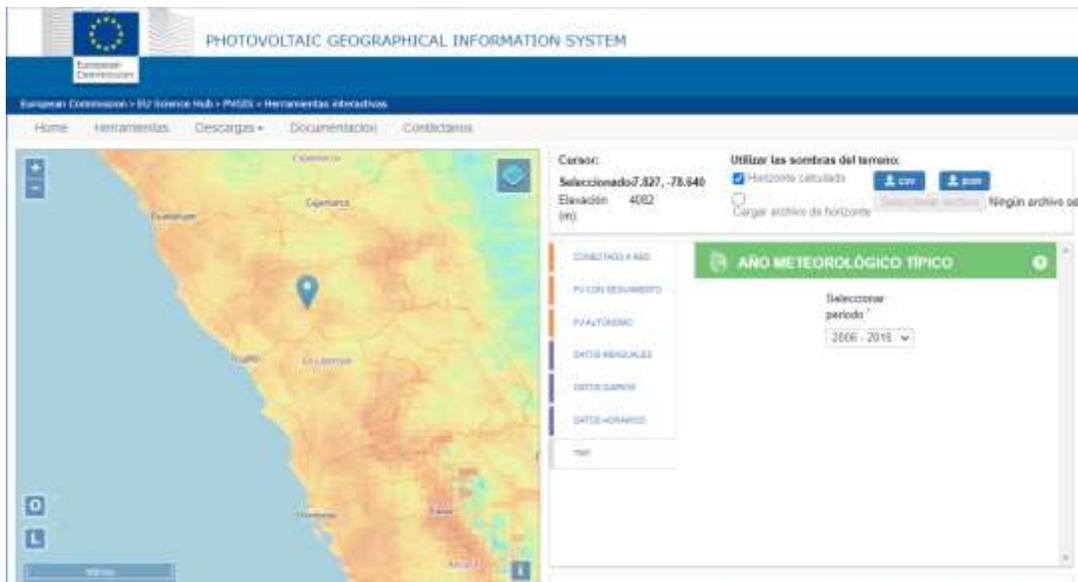
Descarga de datos hidrometeorológicos



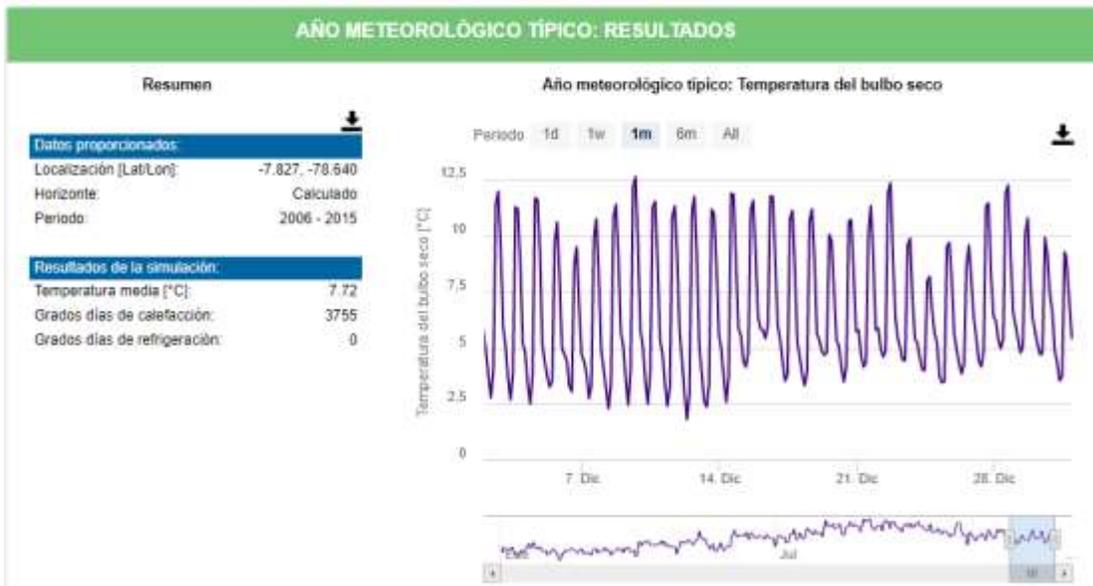
ANEXO N°03: INFORMACION METEOROLOGICA SENAMHI



ANEXO N°04: DESCARGA DE DATOS METEOROLOGICOS SENAMHI



ANEXO N°05: DATOS METEOROLOGICOS Y RADIACION PVGIS



ANEXO N°06: DESCARGA DE DATOS METEOROLOGICOS Y RADIACION PVGIS

LOCALIZACION					PARAMETROS METEOROLOGICOS				PARAMETROS ESTADISTICOS		PARAMETROS PSICROMETRICO	
Nro	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	Altura (m.s.n.m.)	Temperatura maxima (°C)	Temperatura minima (°C)	Hr prom. (%)	Temperatura media (°C)	Desv. Tipica. (°C)	Presion atmosferica (kPA)	Volumen especifico (m³/kg)
1	LA LIBERTAD	TRUJILLO	TRUJILLO	TRUJILLO	38	27.23	13.48	88.79	19.54	2.96	100.88	0.8331
2	LA LIBERTAD		EL PORVENIR	EL PORVENIR	101	27.74	12.18	90.12	19.61	3.22	100.14	0.8395
3	LA LIBERTAD		FLORENCIA DE MORA	FLORENCIA DE MORA	99	27.57	13.29	89.42	19.61	2.96	100.16	0.8393
4	LA LIBERTAD		HUANCHACO	HUANCHACO	10	23.62	13.93	89.97	18.29	1.92	101.21	0.8269
5	LA LIBERTAD		LA ESPERANZA	LA ESPERANZA	77	27.64	13.34	89.42	19.66	2.97	100.42	0.8373
6	LA LIBERTAD		LAREDO	LAREDO	104	27.73	12.40	89.46	19.40	3.32	100.10	0.8392
7	LA LIBERTAD		MOCHE	MOCHE	14	27.39	13.55	93.70	19.85	2.93	101.16	0.8317
8	LA LIBERTAD		POROTO	POROTO	635	28.56	19.22	90.68	23.35	2.18	94.13	0.9045
9	LA LIBERTAD		SALAVERRY	SALAVERRY	7	26.15	12.48	93.62	18.55	2.79	101.24	0.8273
10	LA LIBERTAD		SIMBAL	SIMBAL	589	30.42	14.49	90.30	21.36	3.21	94.59	0.8940
11	LA LIBERTAD		VICTOR LARCO HERRERA	BUENOS AIRES	17	27.46	13.50	93.81	19.90	3.19	101.12	0.8321
12	LA LIBERTAD	ASCOPE	ASCOPE	ASCOPE	231	30.08	12.16	89.63	20.55	3.52	98.63	0.8550
13	LA LIBERTAD		CHICAMA	CHICAMA	133	28.24	13.52	88.96	19.61	3.00	99.76	0.8426
14	LA LIBERTAD		CHOCOPE	CHOCOPE	107	27.95	13.37	89.62	19.60	2.85	100.07	0.8401
15	LA LIBERTAD		MAGDALENA DE CAO	MAGDALENA DE CAO	27	24.76	13.99	88.76	18.45	2.34	101.01	0.8290
16	LA LIBERTAD		PAIJAN	PAIJAN	82	27.64	13.08	89.00	19.58	3.19	100.36	0.8375
17	LA LIBERTAD		RAZURI	PUERTO DE MALABRIGO	18	23.63	14.55	81.41	18.43	1.92	101.11	0.8281
18	LA LIBERTAD		SANTIAGO DE CAO	SANTIAGO DE CAO	19	24.27	14.07	89.33	18.37	2.13	101.10	0.8280
19	LA LIBERTAD	CASA GRANDE	CASA GRANDE	146	27.79	12.49	90.35	19.69	2.89	99.61	0.8442	
20	LA LIBERTAD	BOLIVAR	BOLIVAR	BOLIVAR	3133	19.80	1.67	87.14	10.20	3.52	68.48	1.1882
21	LA LIBERTAD		BAMBAMARCA	BAMBAMARCA	3480	22.96	2.45	85.95	12.74	3.92	65.71	1.2492
22	LA LIBERTAD		CONDORMARCA	NUEVO CONDORMARCA	2762	24.29	6.64	85.53	14.02	3.64	72.18	1.1424
23	LA LIBERTAD		LONGOTEA	LONGOTEA	2623	25.05	8.42	85.51	15.52	3.15	73.59	1.1264
24	LA LIBERTAD		UCHUMARCA	UCHUMARCA	3017	16.85	0.22	87.60	8.26	3.26	69.33	1.1656
25	LA LIBERTAD		UCUNCHA	UCUNCHA	2624	26.34	8.82	86.45	16.67	3.47	73.68	1.1295
26	LA LIBERTAD	CHEPEN	CHEPEN	CHEPEN	132	32.00	13.81	81.70	22.02	3.35	99.79	0.8494
27	LA LIBERTAD		PACANGA	PACANGA	91	32.20	12.69	81.80	21.03	3.63	100.26	0.8425
28	LA LIBERTAD		PUEBLO NUEVO	PUEBLO NUEVO	75	27.14	11.90	81.64	19.16	3.41	100.44	0.8357
29	LA LIBERTAD	JULCAN	JULCAN	JULCAN	3401	16.49	1.61	90.64	8.91	2.91	66.00	1.2273
30	LA LIBERTAD		CALAMARCA	CALAMARCA	3354	16.15	-0.21	93.72	8.00	3.11	66.31	1.2175
31	LA LIBERTAD		CARABAMBA	CARABAMBA	3318	19.20	5.35	90.49	11.55	2.69	66.99	1.2204
32	LA LIBERTAD		HUASO	HUASO	3071	20.09	-0.53	93.34	7.77	4.58	68.80	1.1726
33	LA LIBERTAD	OTUZCO	OTUZCO	OTUZCO	2652	18.79	4.63	89.10	11.81	2.61	73.01	1.1208
34	LA LIBERTAD		AGALLPAMPA	AGALLPAMPA	3124	17.12	3.18	89.85	10.00	2.81	68.54	1.1863
35	LA LIBERTAD		CHARAT	CHARAT	2264	20.14	6.07	90.89	13.08	2.89	76.79	1.0704
36	LA LIBERTAD		HUARANCHAL	HUARANCHAL	2177	23.07	5.62	89.96	14.62	3.53	77.75	1.0629
37	LA LIBERTAD		LA CUESTA	LA CUESTA	1898	23.90	12.51	90.87	17.52	1.91	80.68	1.0345
38	LA LIBERTAD		MACHE	MACHE	3320	16.63	1.05	90.70	9.20	2.85	66.73	1.2150
39	LA LIBERTAD		PARANDAY	PARANDAY	3144	20.27	6.54	90.16	12.61	2.69	68.62	1.1959
40	LA LIBERTAD		SALPO	SALPO	3445	17.79	2.62	90.30	9.21	2.92	65.65	1.2351
41	LA LIBERTAD		SINSICAP	SINSICAP	2295	21.83	13.60	90.98	17.63	1.33	76.84	1.0867
42	LA LIBERTAD		USQUIL	USQUIL	3027	18.37	-0.34	89.69	9.52	3.71	69.36	1.1702
43	LA LIBERTAD		PACASMAYO	SAN PEDRO DE LLOC	SAN PEDRO DE LLOC	46	26.02	12.16	80.76	18.75	3.41	100.78
44	LA LIBERTAD	GUADALUPE		GUADALUPE	96	28.17	12.90	82.19	20.39	2.97	100.20	0.8412
45	LA LIBERTAD	JEQUETEPEQUE		JEQUETEPEQUE	23	23.31	14.29	80.02	18.31	2.04	101.05	0.8282
46	LA LIBERTAD	PACASMAYO		PACASMAYO	10	23.31	14.29	80.61	18.73	2.08	101.21	0.8281
47	LA LIBERTAD	SAN JOSE		SAN JOSE	108	31.18	12.42	81.80	20.10	3.38	100.06	0.8416

ANEXO N°07: PARAMETROS METEOROLOGICOS DESCARGADOS POR LOCALIDAD – REGION LA LIBERTAD

LOCALIZACION					PARAMETROS METEOROLOGICOS				PARAMETROS ESTADISTICOS		PARAMETROS PSICROMETRICO		
Nro	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO	LOCALIDAD	Altura (m.s.n.m.)	Temperatura maxima (°C)	Temperatura minima (°C)	Hr prom. (%)	Temperatura media (°C)	Desv. Tipica. (°C)	Presion atmosferica (kPA)	Volumen especifico (m3/kg)	
48	LA LIBERTAD	PATAZ	TAYABAMBA	TAYABAMBA	3226	24.73	7.14	75.62	15.42	3.04	68.17	1.2155	
49	LA LIBERTAD		BULDIBUYO	BULDIBUYO	3172	21.87	3.91	77.46	12.73	3.36	68.38	1.2005	
50	LA LIBERTAD		BULDIBUYO	ARCAYPATA	2789	23.74	6.08	76.74	14.82	3.33	72.01	1.1484	
51	LA LIBERTAD		CHILLIA	CHILLIA	3150	27.16	5.66	95.33	15.58	3.56	68.85	1.2042	
52	LA LIBERTAD		HUANCASPATA	HUANCASPATA	3301	26.41	8.22	75.58	17.24	3.34	67.70	1.2317	
53	LA LIBERTAD		HUAYLILLAS	HUAYLILLAS	2380	28.02	6.90	76.76	16.02	3.91	75.91	1.0939	
54	LA LIBERTAD		HUAYO	HUAYO	2183	30.55	10.09	86.59	19.25	3.21	78.02	1.0761	
55	LA LIBERTAD		ONGON	ONGON	1345	28.09	15.02	76.03	20.76	2.03	86.46	0.9761	
56	LA LIBERTAD		PARCOY	PARCOY	3118	22.30	3.49	61.28	12.52	3.43	68.84	1.1916	
57	LA LIBERTAD		PATAZ	PATAZ	2620	27.75	10.26	86.51	17.98	3.35	73.82	1.1324	
58	LA LIBERTAD		PIAS	PIAS	2631	23.41	6.31	88.11	14.47	3.22	73.43	1.1248	
59	LA LIBERTAD		SANTIAGO DE CHALLAS	CHALLAS	3297	20.98	1.89	76.13	11.06	3.84	67.12	1.2159	
60	LA LIBERTAD		TAURUJA	TAURUJA	3105	26.33	6.70	75.09	14.97	3.51	69.19	1.1958	
61	LA LIBERTAD		URPAY	URPAY	2693	27.69	7.04	76.38	15.84	3.58	72.97	1.1372	
62	LA LIBERTAD		SANCHEZ CARRION	HUAMACHUCO	HUAMACHUCO	3181	22.07	8.50	87.60	15.15	2.44	68.54	1.2079
63	LA LIBERTAD			CHUGAY	CHUGAY	3371	18.70	0.41	87.15	9.42	3.65	66.31	1.2237
64	LA LIBERTAD			COCHORCO	ARICAPAMPA	2617	25.26	5.66	87.77	14.32	3.38	73.55	1.1224
65	LA LIBERTAD			CURGOS	CURGOS	3236	19.50	2.87	87.91	9.89	3.43	67.54	1.2034
66	LA LIBERTAD			MARCABAL	MARCABAL	2922	24.42	10.77	87.26	17.26	2.46	71.02	1.1741
67	LA LIBERTAD	SANAGORAN		SANAGORAN	2697	19.70	3.36	90.07	11.71	3.20	72.58	1.1270	
68	LA LIBERTAD	SANAGORAN		PAMPA VERDE	3197	17.15	0.26	90.16	8.91	3.63	67.78	1.1949	
69	LA LIBERTAD	SARIN		SARIN	2822	20.99	1.14	85.31	10.99	3.55	71.36	1.1434	
70	LA LIBERTAD	SARTIMBAMBA		SARTIMBAMBA	2685	25.12	6.71	88.07	14.27	3.32	72.91	1.1319	
71	LA LIBERTAD	SANTIAGO DE CHUCO		SANTIAGO DE CHUCO	SANTIAGO DE CHUCO	3103	21.76	3.83	93.37	12.53	3.26	68.97	1.1894
72	LA LIBERTAD		ANGASMARCA	ANGASMARCA	2874	26.12	12.68	94.89	19.40	2.32	71.64	1.1726	
73	LA LIBERTAD		CACHICADAN	CACHICADAN	2881	21.93	5.56	88.96	13.44	3.18	71.05	1.1583	
74	LA LIBERTAD		MOLLEBAMBA	MOLLEBAMBA	3080	23.44	5.63	95.57	13.01	3.23	69.22	1.1871	
75	LA LIBERTAD		MOLLEPATA	MOLLEPATA	2674	20.32	1.41	95.16	10.08	3.45	72.65	1.1195	
76	LA LIBERTAD		QUIRUVILCA	QUIRUVILCA	3976	16.62	-1.77	89.90	6.41	4.09	60.87	1.3188	
77	LA LIBERTAD		SANTA CRUZ DE CHUCA	SANTA CRUZ DE CHUCA	2914	21.87	5.44	89.73	13.02	3.14	70.71	1.1621	
78	LA LIBERTAD		SITABAMBA	SITABAMBA	3068	17.86	1.01	87.85	9.38	3.11	68.98	1.1761	
79	LA LIBERTAD		SITABAMBA	PIJOBAMBA	3519	15.28	-0.91	87.38	6.47	3.27	64.72	1.2407	
80	LA LIBERTAD	GRAN CHIMU	CASCAS	CASCAS	1280	35.88	16.58	89.53	24.01	4.25	87.28	0.9776	
81	LA LIBERTAD		CASCAS	9 DE OCTUBRE	798	28.03	12.53	89.25	19.80	3.08	92.25	0.9119	
82	LA LIBERTAD		LUCMA	LUCMA	2172	24.55	7.98	90.00	15.53	3.72	77.86	1.0646	
83	LA LIBERTAD		MARMOT	COMPIN	1514	22.34	7.96	90.62	15.39	2.74	84.44	0.9812	
84	LA LIBERTAD		SAYAPULLO	SAYAPULLO	2366	24.07	5.43	89.15	14.64	3.90	75.93	1.0883	
85	LA LIBERTAD		SAYAPULLO	EL PORVENIR	1638	26.00	8.31	89.99	17.33	3.59	83.28	1.0016	
86	LA LIBERTAD	VIRU	VIRU	VIRU	77	32.59	13.15	93.50	21.09	4.60	100.42	0.8413	
87	LA LIBERTAD		VIRU	PUENTE VIRU	57	32.65	12.27	94.29	21.84	4.07	100.66	0.8415	
88	LA LIBERTAD		CHAO	CHAO	81	32.04	14.04	93.81	21.85	3.76	100.38	0.8439	
89	LA LIBERTAD		GUADALUPITO	GUADALUPITO	31	27.40	13.32	96.67	18.76	2.81	100.96	0.8303	

ANEXO N°08: PARAMETROS METEOROLOGICOS DESCARGADOS POR LOCALIDAD – REGION LA LIBERTAD

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS_VELASQUEZ PASCUAL_KELVIN IV
AN_TURNITIN.docx**

AUTOR

kelvin ivan velasquez pascual

RECUENTO DE PALABRAS

15139 Words

RECUENTO DE CARACTERES

76088 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

63 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.8MB

FECHA DE ENTREGA

Jun 27, 2024 5:03 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jun 27, 2024 5:04 PM GMT-5**● 7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 7% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado



**ACTA DE CONTROL DE REVISIÓN DE
SIMILITUD DE LA INVESTIGACIÓN**

Código:	F3.PP2-PR.02
Versión:	02
Fecha:	18/04/2024
Hoja:	1 de 1

Yo, **Silvia Yvone Gastiaború Morales**, coordinador de investigación del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica, he realizado el control de originalidad de la investigación, el mismo que está dentro de los porcentajes establecidos para el nivel de Pregrado, según la Directiva de similitud vigente en USS; además certifico que la versión que hace entrega es la versión final de la Tesis titulado: **TERMOCANALIZACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE FREE COOLING EN LAS SALAS TÉCNICAS DEL PROYECTO DE BANDA ANCHA EN LA REGIÓN LA LIBERTAD**

elaborado por el (los) Bachiller(es):

VELASQUEZ PASCUAL KELVIN IVAN

Se deja constancia que la investigación antes indicada tiene un índice de similitud del **07%**, verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el software de similitud TURNITIN.

Por lo que se concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con lo establecido en la Directiva sobre índice de similitud de los productos académicos y de investigación vigente.

Pimentel, 27 de junio de 2024

Dra. Gastiaború Morales Silvia Yvone

Coordinador de Investigación

DNI N° 16481433