



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE ARQUITECTURA, CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO**

**EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO DE ESPACIOS PÚBLICOS EN BORDE
COSTERO DE LA REGIÓN DEL BÍO BÍO, ENFOQUE BASADO EN EL CONFORT
TÉRMICO DE LOS OCUPANTES**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN HÁBITAT SUSTENTABLE Y
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

AUTOR:

Natalia Toledo Hernández

PROFESOR GUÍA:

Dr. Sergio Baeriswyl Rada, Universidad del Bío Bío, Chile

CONCEPCION, 09 de Marzo de 2020

RESUMEN

Actualmente, se han realizado numerosos estudios de métodos que permiten evaluar el confort térmico interior de las edificaciones, incorporando diversos sistemas de eficiencia energética natural y/o mecánicos a través del diseño de arquitectura que contribuye a optimizar la comodidad de las personas. En cambio, hoy en día, existe poca información para el análisis de los espacios públicos abiertos, en el cual se han propuestos modelos de evaluación, cuantitativos y cualitativos, que aún se encuentran en estudio por la falta de precisión que resulta en el espacio exterior, ya que no sólo afecta la sensación térmica personal sino que también las variables climáticas que cambian día a día.

Este estudio se orienta a la evaluación del confort térmico de los usuarios en el espacio público del borde costero La Poza de Talcahuano. Para llevarlo a cabo, se desarrolla un análisis de percepción térmica mediante la aplicación de encuestas subjetivas a los ocupantes y un análisis de radiación solar computacional del sector, determinando la correlación entre el uso y el asoleamiento y así elaborar un mapa de confort térmico. Finalmente, se analizan los criterios de diseño empleados en el borde costero, proponiendo las mejoras necesarias para promover el uso de este espacio.

Palabras Claves: *Confort Térmico, Espacios Públicos Abiertos, Variables Climáticas, Sensación Térmica, Borde Costero.*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
1. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	6
1.1 Planteamiento del Problema	6
1.2 Hipótesis.....	9
1.3 Objetivos	9
1.4 Metodología.....	9
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1 Concepto de Confort Térmico.....	12
2.2 Modelos de Evaluación del Confort Térmico Exterior	16
2.3 Estrategias de diseño Confortables para Espacios Públicos	22
2.4 Criterios a Considerar en este Estudio	27
3. ÁREA DE ESTUDIO	28
3.1 Determinación del Espacio Exterior a Evaluar	28
3.2 Elección del Caso de Estudio.....	30
4. ANÁLISIS PERCEPTUAL Y TÉRMICO DEL BORDE COSTERO LA POZA	36
4.1 Clima del Lugar de Estudio.....	36
4.1.1 Análisis de Datos Climáticos Anuales del sector	39
4.2 Plano de Zonificación de Usos del Borde Costero La Poza	41
4.3 Recolección de Datos.....	49
4.3.1 Aplicación de Encuestas de Sensación Térmica.....	50
4.3.2 Mediciones de Variables Climáticas	53
4.4 Simulación Térmica	56
4.4.1 Modelación Tridimensional del Borde Costero La Poza	56
4.4.2 Análisis Solar	56
5. RESULTADOS	58
5.1 Resultados Perceptuales - Encuestas Subjetivas	58
5.1.1 Mapa de Percepción Térmica	64
5.2 Resultados Simulación	66

5.2.1 Mapa de Sol y Sombra	70
5.3 Interpretación de Correlación de Mapas.....	71
6. DESARROLLO MAPA DE CONFORT TÉRMICO	72
6.1 Mapa de Confort Térmico Borde Costero La Poza	72
6.2 Análisis de Criterios de Diseño para Borde Costero La Poza	74
7. CONCLUSIONES	77
8. BIBLIOGRAFÍA	79

INTRODUCCIÓN

El proyecto *“Evaluación de criterios de diseño de espacios públicos en borde costero de la región del Bío Bío, enfoque basado en el confort térmico de los ocupantes”*, corresponde a la tesis para optar al grado de magíster en Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética de la Universidad del Bío Bío de Concepción.

El estudio se centra en comprender y evaluar las condiciones de confort térmico en las personas que habitan los espacios exteriores de las ciudades, específicamente el sector de borde costero, ya que nuestro país en toda su longitud se enfrenta al océano pacífico en más de 4.000 kilómetros, los cuales determinan las identidades de muchas ciudades, es por esta razón, que este estudio busca contribuir en el desarrollo y planificación urbana de las ciudades en Chile.

La relación existente entre el clima y el hombre ha sido motivo de diversas investigaciones desde fines del siglo XIX. Se incluyen, entre ellas, la confección de diagramas bioclimáticos o la formulación de índices de confort (Huamantínco & Piccolo, 2010).

Los seres humanos diariamente se exponen a ambientes térmicos, tanto interiores como exteriores, que son condicionados por las variables climáticas del lugar y dentro de los cuales se deben adaptar según sus requerimientos físicos y psicológicos. En los interiores, las condiciones térmicas son más uniformes y controlables para las personas, ya que existen mecanismos y tecnologías en los edificios que permiten obtener una ventilación y/o calefacción individualizada. En cambio, en los espacios exteriores, se presentan mayores variaciones climáticas diarias y estacionales que son condicionadas por el microclima del lugar, las cuales son difíciles de controlar y afectan directamente el confort térmico de las personas que visitan estos espacios.

A principios de la década de 2000, se prestó más atención a las condiciones térmicas urbanas al aire libre para los habitantes de la ciudad como un nuevo campo de búsqueda con el objetivo de proporcionar estrategias para la planificación urbana sostenible (Givoni et al., 2003; Knez y Thorsson, 2006; Nikolopoulou et al., 2001; Nikolopoulou y Lykoudis, 2006; Spagnolo y de Dear, 2003). En consecuencia, la mayoría de los últimos estudios han sido realizados por investigadores

del ámbito de la arquitectura, la geografía, la climatología y la biometeorología (Potchter, Cohen, Lin y Matzarakis, 2018).

El confort térmico humano se define como "el estado mental que expresa la satisfacción con el entorno térmico" (ASHRAE, 2004, 2010). De acuerdo con esta definición, el confort térmico humano es una sensación subjetiva y es diferente de una persona a otra (Nikolopoulou y Lykoudis, 2006). Olgay (1963) afirmó que la zona de confort térmico está sujeta a la geografía y la estacionalidad.

De modo específico, cuatro parámetros físicos caracterizan el ambiente térmico y determinan las condiciones de confort (Givoni, 1976; Berger, 1993): 1) La temperatura del aire: afecta los intercambios de calor con y sin transferencia de masa (secos y húmedos), así como el coeficiente de transferencia de calor. 2) Velocidad del viento: afecta en gran medida las pérdidas por convección y evaporación. Cerca del cuerpo vestido, el movimiento del cuerpo puede incrementar la velocidad. Una velocidad mínima de 0,1 m/s, existe siempre, debido a un movimiento permanente de aire natural en todas partes. 3) Humedad relativa: presenta un pequeño impacto cuando no hay sudor, entonces, el intercambio de calor latente respiratorio y la transpiración de la piel son las dos únicas transferencias asociadas a la humedad. De lo contrario, la humedad del aire, afecta fuertemente la evaporación del sudor, y por lo tanto, la humedad de la piel. 4) La temperatura media radiante: que es la temperatura superficial uniforme de un recinto negro con el cual un individuo intercambia el mismo calor por radiación, que el que intercambia con el entorno real evaluado. Para los espacios exteriores, la temperatura media radiante representa la temperatura superficial uniforme de un recinto ficticio, en el que todas las superficies del recinto se encuentran en la misma temperatura (Matzarakis y Mayer, 2000).

En las últimas décadas, hacer que los espacios al aire libre sean atractivos para las personas y, finalmente, utilizados por ellos, se ha reconocido cada vez más como un objetivo en la planificación y el diseño urbano (Carr, Francis, Rivlin y Stone, 1993; Gehl y Gemzoe, 2004; Y Francis, 1998; Maruani y Amit-Cohen, 2007). Es por esta razón, que la investigación pretende ser una herramienta de estudio de confort térmico para los futuros diseños de espacios públicos exteriores, a través del análisis del uso y comportamiento humano, mejorando el diseño de estos espacios para que los usuarios desarrollen sus actividades en un ambiente térmico adecuado.

1. PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

El clima de una localidad condiciona la forma de vida de sus habitantes, es el caso de la región del Bío Bío que posee un clima templado húmedo con estaciones que presentan grandes diferencias meteorológicas durante el año, las cuales influyen en la permanencia y el uso de sus ocupantes en los espacios públicos exteriores, especialmente en los paseos de bordes costeros que son afectados por las variables ambientales de una manera más extrema (exceso de temperatura, alta velocidad de viento, radiación solar y humedad).

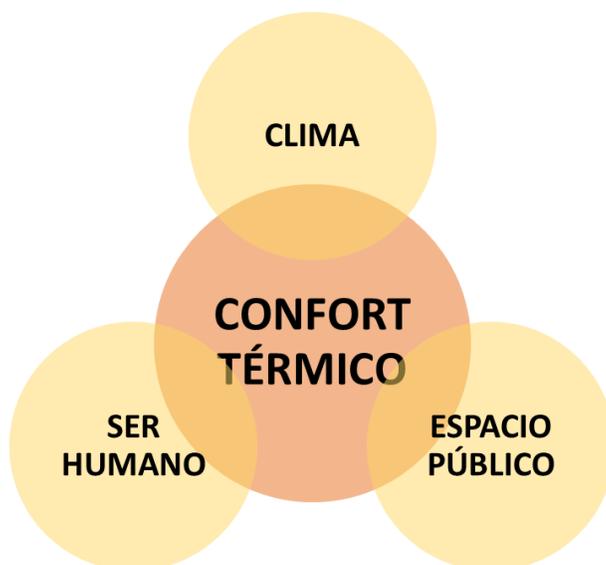


Figura 1. Esquema Problemática de Investigación. Fuente: Elaboración Propia.

Existe poca información de estudios acerca del confort térmico en espacios exteriores de la región del Bío Bío. En los últimos años, en las zonas afectadas por el 27F, se han construido nuevas obras de paseos en bordes costeros, en las cuales se distingue una mejora en la calidad de la construcción y en el diseño de las áreas intervenidas, aun así, no existe un uso continuo y permanente de estos espacios, ya que se observa poca presencia de personas en la mayoría de los meses del año, exceptuando el verano. Esta situación vislumbra un problema que cuestiona la calidad urbana de los espacios públicos, ya que el mar, la playa y sus actividades componen un atractivo turístico y recreativo importante tanto en la época de verano como durante todos los días del año, el ocupante debe tener la oportunidad de encontrar espacios adecuados en una situación invernal y estival.

Se ha demostrado que en el caso de los espacios interiores, los ocupantes poseen herramientas para controlar o modificar su ambiente y así obtener una sensación térmica óptima que le permita realizar sus actividades, por ejemplo, activando sistemas de climatización, manipulando aperturas de ventanas, manejo de iluminación, entre otros. En cambio, esta condición no ocurre de la misma forma en el caso de los espacios exteriores, en los cuales los ocupantes deben adaptarse a las condiciones climatológicas que se presenten en el lugar, influyendo directamente en la permanencia de las personas. Además, los modelos de confort térmico desarrollados para espacios interiores, sobrestiman la sensación real del ocupante de exteriores, esto se debe a que los tiempos de permanencia en exteriores son menores a los de interiores y eso afecta el proceso de adaptación térmica.

El confort térmico es definido por la ASHRAE como un estado que refleja la satisfacción con el ambiente térmico que rodea a la persona. Además, indica que para analizar el confort térmico de una zona se debe considerar la temperatura del ambiente, humedad relativa, movimiento del aire, temperatura radiante, la actividad desarrollada por la persona y su vestimenta.

Según lo indicado en estudios de investigación de Nikolopoulou y Steemers, el confort térmico del ser humano en espacios exteriores presenta una adaptación física (influenciada por las variables climáticas y personales como alterar capas de ropa y postura), adaptación fisiológica (aclimatarse a las condiciones del lugar por la exposición constante frente a un estímulo) y adaptación psicológica (respuesta humana frente a un estímulo físico influenciado por la naturalidad del entorno, expectativas, experiencia, control percibido y estimulación ambiental).

La Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, ha demostrado en distintos documentos las condiciones necesarias para obtener espacios térmicamente confortables, en los cuales han estudiado un indicador "Potencial de Habitabilidad Térmica en Espacios Urbanos", señalando el porcentaje del tiempo en el que una persona se encuentra en condiciones críticas, tolerantes o de confort térmico en función de las características de los materiales, la configuración espacial y las condiciones del microclima.

Se pretende en este proyecto proponer mejoras en los espacios públicos de bordes costeros identificando los efectos de las variables climáticas en las personas y así expresarlo en criterios de diseño y/o elementos arquitectónicos que inviten al ocupante a permanecer en una zona exterior

donde puedan expandir sus actividades de interacción social en contacto con un ambiente cómodo y natural.

Los espacios públicos de borde costero, desempeñan un rol importante dentro de la trama urbana de las ciudades costeras de la región, ya que generan un punto de encuentro que propicia la vida colectiva entre los habitantes, a través de espacios recreativos, turísticos y deportivos que otorgan una identidad marítima y un sentido de pertenencia al lugar. Es por esta razón, que se requiere considerar el bienestar térmico de los ocupantes como protagonistas de estos espacios, por lo que es fundamental incorporar los factores ambientales en el diseño y planificación de éstos para potenciar el uso constante durante todas las épocas del año.

Uno de los principales objetivos en el uso de los espacios abiertos es ponerse en contacto con la naturaleza. La estimulación ambiental es una razón importante para el uso y realización permanente de actividades en el exterior, y un cuidadoso planeamiento y diseño sostenible con una diferenciación consciente de las variaciones físicas y ambientales, puede contribuir con su utilización. Por tanto, se considera necesario desarrollar una “plataforma común” en el estudio de los espacios exteriores en el medio urbano, que combine el ambiente físico, es decir, microclima, confort térmico, y la morfología urbana, con los requisitos del usuario, la satisfacción, así como con el ambiente social. La finalidad es garantizar el uso del espacio al aire libre y revivificar las ciudades¹.

El desarrollar un estudio acerca de la percepción del ambiente térmico del ocupante en un espacio exterior, con un clima templado húmedo, permite obtener información para mejorar el diseño en futuros proyectos, en los cuales se puedan prolongar los tiempos de permanencia de los ocupantes en espacios exteriores mediante la incorporación de estrategias de diseño que ayuden a aumentar las horas de confort térmico en las zonas donde se desarrollan las actividades al aire libre. Además, se pueden identificar las condiciones climáticas (temperatura ambiente, humedad relativa, temperatura radiante y velocidad de viento) que los ocupantes consideren favorables para su sensación térmica y ser de base para otros estudios que requieran comparar los resultados que representan la sensación térmica en espacios interiores con la de espacios exteriores.

¹ Texto extraído del estudio de Gómez, Rojas e Higuera, “Parámetros (PS) Sostenibles en el Planeamiento y Diseño Ambiental del Espacio Microurbano” (Venezuela), Código: 407, p. 2.

1.2 Hipótesis

Las características del diseño urbano de los espacios públicos del borde costero influyen el confort térmico de las personas que los utilizan, e incide directamente en la calidad del uso de estos espacios.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Determinar el efecto que tienen las variables climáticas en el confort térmico de las personas que utilizan el borde costero de La Poza de Talcahuano para evaluar los criterios de diseño que permitan un uso satisfactorio y prolongado en estos espacios.

Objetivos específicos

1. Establecer las variables climáticas regionales que influyen directamente con el confort térmico de los ocupantes para definir la calidad de los espacios públicos de bordes costeros.
2. Analizar la sensación térmica de los ocupantes del borde costero La Poza de Talcahuano para detectar los usos diferenciados que existen de acuerdo al confort térmico.
3. Construir un mapa de confort térmico del borde costero La Poza de Talcahuano para establecer criterios de diseño de uso satisfactorio del espacio público.

1.4 Metodología

De acuerdo a la figura 1.1, la metodología de la tesis considera tres fases que corresponden a cada objetivo específico del estudio previamente expuestos:

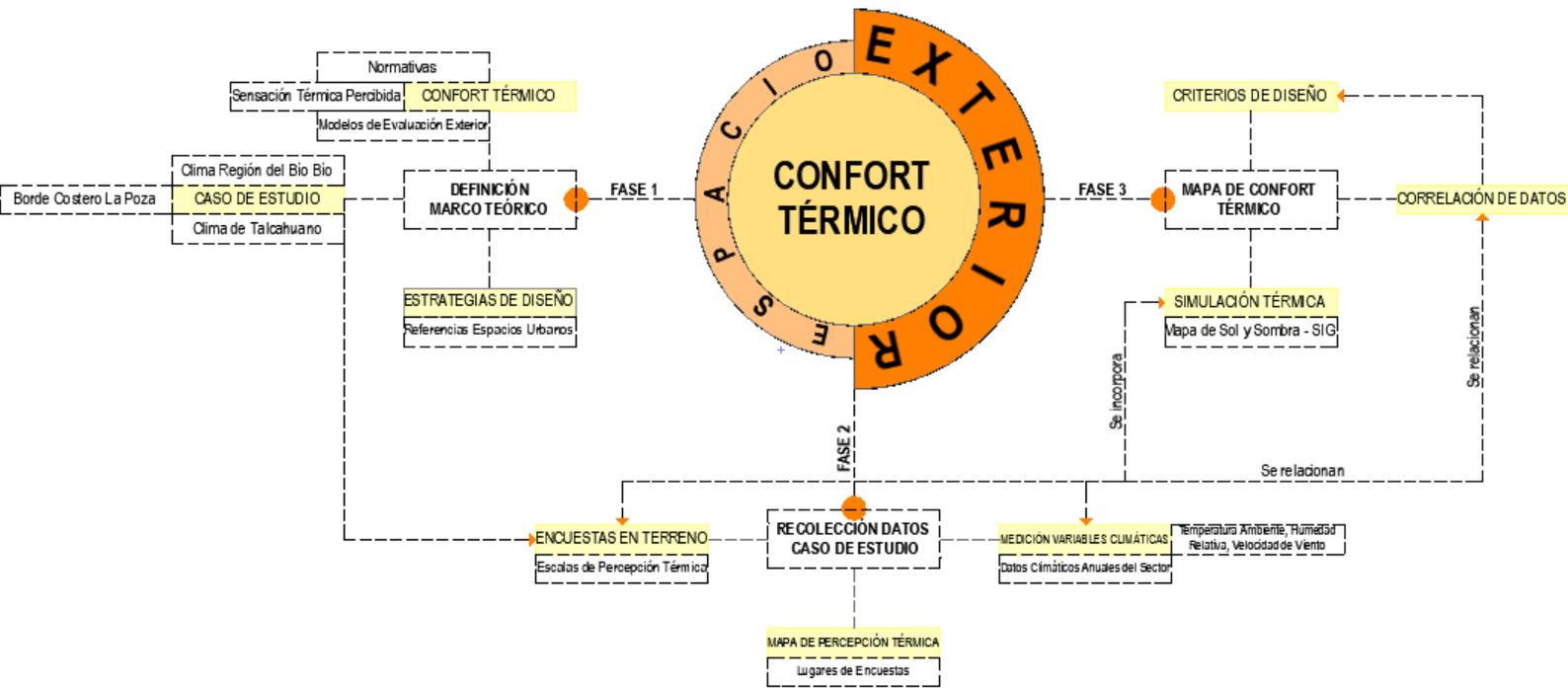


Figura 2. Esquema de Desarrollo Metodológico. Fuente: Elaboración Propia.

En la **Fase 1: Definición del Marco Teórico**, se determina el concepto de confort térmico, recopilando información de las normativas existentes relacionadas con el tema de investigación y la y estableciendo las variables que influyen en la sensación térmica percibida por los ocupantes de espacios exteriores.

Se describe la situación existente en el caso de estudio del borde costero La Poza de Talcahuano, analizando tanto el clima de Talcahuano como el de la región del Bío Bío en general.

Se seleccionan estrategias de diseños de espacios urbanos de otros proyectos de investigación, los cuales incorporan la sensación térmica de las personas.

En la **Fase 2: Recolección de Datos del Caso de Estudio**, en el cual se considera el espacio público del borde costero La Poza de la ciudad de Talcahuano, donde se contempla un nuevo proyecto de recuperación de sus costas producto del maremoto del 27F. Se selecciona esta construcción por presentar una variedad en su morfología y zonas en su programa arquitectónico, tales como; un paseo de borde costero, miradores, restaurantes (bentoteca), mercado de mariscos, muelle, entre otros, los cuales presentan distintos escenarios climáticos. En este caso, se realizará un análisis perceptual, recopilando información cualitativa a través de la observación de campo para establecer

el comportamiento de las personas en las distintas actividades, usos y recorridos que se generen en el lugar, y a la vez, obteniendo información cuantitativa de los datos climáticos anuales de la zona, para luego sintetizar estos antecedentes a través de un plano zonificación de usos. Además, se aplican encuestas subjetivas con escalas de percepción térmica, según el diseño de Cheng (2008) a los trabajadores, turistas y visitantes (habitantes de la comuna de Talcahuano) del sector, consultando su sensación térmica en el espacio exterior en un día específico y así concluir las características y tiempo de permanencia de cada espacio. Paralelo a las encuestas, se toman mediciones de las variables climáticas del sector perceptibles por las personas y así comprobar su influencia en las respuestas (temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento). Se contempla el desarrollo de un mapa de percepción térmica, identificando la ubicación de la encuesta realizada para evaluar los datos entregados por el ocupante.



Figura 3. Imagen de Zonificación del Borde Costero La Poza. Fuente: Elaboración Propia.

En la **Fase 3: Mapa de Confort Térmico**, se elabora el modelo tridimensional del proyecto de Borde Costero La Poza, para realizar un análisis solar del espacio a través del programa ArcGis, Identificando en un mapa las zonas de sol y sombra. Los resultados obtenidos en estos dos mapas (mapa de percepción térmica y mapa de sol y sombra) se sobreponen para interpretar su correlación y así construir un mapa de confort térmico que demuestre las zonas de permanencia más óptimas para el ocupante, esto permitirá determinar una herramienta de detección del uso

eficiente de los espacios exteriores y así finalizar con la validación de la hipótesis acerca del aumento en el uso prolongado de los espacios públicos durante todo el año, incorporando los criterios de diseño que se deben considerar.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Concepto de Confort Térmico

El concepto de “confort” ha venido variando a lo largo de la historia, de manera que ha tenido distinto significado en diversos periodos. Tal es así, que fue sinónimo de “consolar” debido a su raíz latina confortare. En el siglo XVII fue vinculado con lo privado, “lo doméstico”, la intimidad y ya en el XVIII se le empieza a relacionar con el ocio y la comodidad. Durante el siglo XIX se le asocia con la ventilación, la luz, el calor y con los temas higienistas, pero es recién en el XX cuando se comienza a trabajar para lograr la eficiencia del confort y la comodidad (Guzmán & Ochoa, 2014, p. 53).

La norma española ISO 7730 define el confort térmico como *“una condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”*, por lo tanto, es un concepto subjetivo y personal de cada ser humano expuesto a un ambiente, tanto interior como exterior, el cual depende de diversos factores. Entre esto se pueden identificar las variables climáticas (temperatura del aire, temperatura radiante, humedad relativa, velocidad del viento), actividad y vestimenta de la persona.

La comodidad convencional de las personas se basa en un modelo estacionario donde la producción de calor es igual a la pérdida de calor al medio ambiente, con el objetivo de mantener una temperatura corporal constante de 37°C, de manera que, las condiciones ambientales que proporcionan satisfacción térmica, sólo dependen de la actividad física y el nivel de vestimenta del sujeto a evaluar (Nikolopoulou, Baker & Steemers, 2001, p. 227).

Al estudiar el confort térmico se debe mencionar el concepto de adaptación, el cual se relaciona con los procesos que las personas deben traspasar para obtener un equilibrio entre su entorno y los requerimientos propios. En este contexto, la adaptación se puede clasificar en tres categorías diferentes: físicas, fisiológicas y psicológicas (Nikolopoulou & Steemers, 2003, p. 96).

La adaptación física considera los cambios que realiza la persona para ajustar el entorno a sus necesidades, puede ser reactiva (niveles de vestimenta, postura o consumo de bebidas calientes o frías) o interactiva (abrir una ventana, girar un termostato o abrir una sombrilla).

La adaptación fisiológica involucra los cambios en las respuestas fisiológicas que resultan de la exposición constante frente a² un estímulo, lo que genera una disminución de la tensión de dicha exposición, en el contexto del entorno térmico se llama “aclimatación fisiológica”, es fundamental en climas extremos, para este estudio no es relevante.

La adaptación psicológica se manifiesta en la percepción del entorno de una manera diferente en cada persona, depende de la información que tenga el ser humano para una situación particular. Los factores que influyen son los siguientes; naturalidad del paisaje, expectativas, experiencia, tiempo de exposición, control percibido y estimulación ambiental.

Enfocando el estudio hacia los espacios públicos exteriores, se puede observar cómo la sensación térmica afecta a las personas en su comportamiento y el uso de estos espacios.

Uno de los factores que determina la calidad del espacio público es el microclima del lugar, los peatones al permanecer en el exterior, están expuestos a la variabilidad climática que influye en la decisión de utilizar o no ese sector.

Se denomina un pionero de los estudios del clima urbano a Luke Howard (1818) por su libro “The Climate of London”, en el cual registró y tabuló series de 25 años con registros diarios, principalmente de temperatura y presión atmosférica, método que aún se utiliza para estudios de microclima urbano (Lamarca, 2014, p. 28).

El geógrafo francés Max Sorre, fue uno de los primeros en plantear el tema del confort climático como un fundamento esencial de la geografía humana y además, lo relacionó con el microclima de las ciudades y con las modificaciones debidas al hombre (Tornero et al, 2006).

El confort térmico de las personas en espacios abiertos es uno de los factores que más influye en la habitabilidad de los espacios, dado que la cantidad e intensidad de actividades que el individuo

² Texto extraído del estudio de Ruíz & Correa, “Confort Térmico en Espacios Abiertos, Comparación de Modelos y su Aplicabilidad en Ciudades de Zonas Áridas”, publicado en ASADES (Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente), año 2009, p. 71.

realiza es afectada por el nivel de discomfort experimentado cuando se expone a las condiciones climáticas de esos espacios abiertos (Givoni et al., 2002)¹.

El confort térmico depende de distintos factores. De acuerdo a lo indicado en el estudio “Parámetros Sostenibles en el Planeamiento y Diseño Ambiental del Espacio Microurbano” (Gómez, Rojas e Higuera, pp. 6-9) se definen factores ambientales y personales que se clasifican en:

- a) **Temperatura del aire ambiente:** constituye uno de los parámetros fundamentales para determinar el grado de confort térmico de un espacio. La percepción de la temperatura del aire es difícil de separar de la percepción del medio ambiente térmico y es modificada por otros parámetros, especialmente de viento (Oliveira & Andrade, 2007).

- b) **Radiación Solar:** el acceso solar y la sombra, son consideraciones importantes en el confort y diseño sostenible, en particular cuando se considera la radiación solar, ya que la radiación solar tiene un impacto significativo en el confort térmico, el grado de disponibilidad de sol y sombra representado por un valor umbral para las horas de sombra es un indicador simple de la diversidad espacial.

- c) **Viento y Velocidad del aire:** se puede considerar como un factor positivo o negativo, dependiendo del clima de la zona y la temporada, ya que es un elemento muy perceptible del microclima urbano, que afecta en gran medida el confort térmico. Existe una serie de indicadores generales a considerar al evaluar el parámetro viento en un espacio abierto, tales como: ubicación geográfica, forma del espacio y características de la zona circundante. La protección contra el viento puede ser utilizado para proteger la zona peatonal en un espacio urbano de altas velocidades del viento, y puede ser estructuras sólidas o permeables.
Con el aumento de la velocidad del aire se puede reducir hasta un 1°C en la sensación térmica del usuario, es decir, con el aumento del movimiento del aire, se incrementa 1°C en la tolerancia de la temperatura ambiental.
Una velocidad del viento mínima de 0,1 m/s siempre existe, debido a un movimiento de aire natural permanente en todas partes (Thorsson, et. al, 2003).

- d) **Humedad Relativa:** el intercambio respiratorio latente y la transpiración insensible de la piel son las dos únicas transferencias térmicas asociadas con la humedad. Sin embargo, la

humedad del aire afecta fuertemente la evaporación del sudor y por lo tanto, la humedad de la piel, pues presenta un pequeño impacto cuando no hay sudoración.

- e) **Temperatura Media Radiante:** es la temperatura superficial uniforme de una envolvente con la que un individuo mantiene intercambios de calor por radiación con el entorno. Al aire libre, la temperatura radiante media, representa la temperatura de la superficie uniforme de una delimitación imaginaria, donde todas las superficies límites imaginarias se encuentran sometidas a la misma temperatura.

Por otra parte, existen parámetros externos a tener en cuenta para el cálculo de las condiciones de confort térmico, tales como:

- f) **Vegetación:** puede afectar el microclima reduciendo la temperatura del aire, generando sombra y como elemento de protección contra el viento. En el contexto urbano, una reducción de la temperatura del aire por 1-2°C, es de esperar según el factor de vegetación de radiación solar, la cual puede ser reducida a 20-60% según densidad de arborización.
- g) **Morfología Urbana:** se refiere a una serie de parámetros geométricos que tienen un impacto en el confort al aire libre. El factor morfológico puede contribuir a la temperatura, debido al sol y viento, así como a proporcionar una percepción de la cuestión ambiental y caracterizar e identificar en los espacios abiertos las áreas que requieren la intervención del diseño.
- h) **El nivel de actividad:** el cuerpo convierte una parte de los alimentos en energía según el tipo de actividad. La cantidad de energía producida por unidad de tiempo se llama tasa metabólica y se expresa en vatios por m² de superficie corporal.
- i) **Ropa:** Es una interfaz entre el cuerpo y el medio ambiente. Puede admitir o resistir los intercambios higrotérmicos. Las principales diferencias entre los cálculos de confort térmico en interiores y exteriores son: la ropa, el nivel de actividad y el periodo de exposición, el cual es comúnmente más corto en espacios abiertos que en recintos cerrados (Gaitani et al., 2007).

2.2 Modelos de Evaluación del Confort Térmico Exterior

Para introducir el concepto de índice de confort térmico en espacios abiertos es necesario recalcar las diferencias entre espacios exteriores e interiores. Mientras en un espacio interior, las condiciones térmicas, radiativas y convectivas tienden a permanecer relativamente estables y controladas (ya sea mediante las características morfológicas y tecnológicas del edificio como por el uso de energía auxiliar); los espacios exteriores se caracterizan por presentar grandes variaciones diarias y estacionales de parámetros micro-climáticos mucho más difíciles de controlar (humedad y temperatura del aire, temperaturas superficiales, viento y radiación) las cuales afectan el balance de energía del cuerpo condicionando de este modo su confort térmico (Ruíz & Correa, 2009, p. 71).

Actualmente, existen normas internacionales que permiten evaluar el ambiente térmico de un lugar, tales como la norma española UNE-EN ISO 7730, denominada “Determinación Analítica e Interpretación del Bienestar Térmico mediante el Cálculo de los Índices PMV y PPD y los Criterios de Bienestar Térmico Local”, la cual presenta métodos para la predicción de la sensación térmica general de las personas expuestas a ambientes térmicos moderados e interpreta el bienestar térmico mediante los cálculos de PMV^3 y PMD^4 . Esta norma es aplicable a personas expuestas sólo a ambientes interiores y que consideren sistemas de climatización electromecánicos, dejando afuera los espacios con ventilación natural. Por otra parte, existe el estándar ANSI/ASHRAE 55, que establece las condiciones térmicas aceptables para los ocupantes de edificios, de acuerdo a un conjunto de factores asociados al ambiente interior (temperatura, radiación térmica, humedad y velocidad del aire) y características de los ocupantes (nivel de actividad y vestimenta), en general se aplica para actividades físicas sedentarias como es el trabajo de oficina.

Ambas normativas expuestas, restringen su análisis en espacios interiores de edificaciones, por lo que no es posible basar este estudio bajo sus criterios, por ser un espacio exterior.

Algunos trabajos sobre el confort climático se orientan al estudio del comportamiento de la población, frente a determinadas condiciones térmicas y de confort y los usos que hacen de los espacios urbanos al aire libre (Nikolopoulou et al., 2001) o al análisis del confort en espacios abiertos o cerrados, desde sus distintas definiciones (Höppe, 2002). También se han centrado en la cuantificación del stress térmico mediante la aplicación de diferentes índices (Mayer y Höppe, 1987)

³ PMV: Voto Medio Previsto. Esta ecuación utiliza un balance térmico en estado estacionario para el cuerpo humano.

⁴ PMD: Porcentaje Estimado de Insatisfechos.

o al desarrollo de nuevos índices y modelos climáticos (Nikolopoulou et al., 2003; Stathopoulos et al., 2004)⁵.

Estudios recientes han demostrado que el microclima urbano en los espacios exteriores es un factor determinante en la manera en que son utilizados y las actividades que en ellos se desarrollan; el confort térmico de estos espacios afecta el comportamiento y la conducta de los usuarios. Estudios y modelos de determinación del confort térmico urbano se basan en el análisis de datos atmosféricos duros, y simulaciones computacionales, pero existe la necesidad de datos empíricos para poder evaluar los parámetros subjetivos de los humanos (Nikolopoulou et al, 2004)⁶.

En la tesis doctoral del arquitecto Gonzalo Bojórquez Morales (2010, pp. 3-4), se menciona que en los estudios de confort térmico se utilizan dos enfoques, según lo indicado por Humphreys y Nicol (1998):

1. Enfoque de Predicción: se trabajan datos de laboratorio, con condiciones de pruebas controladas. El individuo se estudio aislado de su hábitat y se evalúan las reacciones fisiológicas (aclimatación) voluntarias e involuntarias para alcanzar el confort térmico. Se considera al ser humano como receptor pasivo en espera del balance energético. Los modelos de este enfoque tienen un nivel de análisis fisiológico.
2. Enfoque de Adaptación: se trabajan datos de campo, las condiciones de prueba tienen variación continua y el individuo se estudia en su hábitat. Se consideran reacciones fisiológicas (aclimatación) y psicológicas (expectativa, experiencia, conducta). Se considera al ser humano como receptor activo en búsqueda del confort térmico. Los modelos de este enfoque tienen niveles de análisis fisiológico y psicológico.

A pesar de los indudables avances que se han producido en la generación de nuevos indicadores de confort térmico para espacios interiores, en los abiertos no se ha alcanzado un acuerdo sobre la definición de un índice único (Johansson, 2006). Eso se debe, en primer lugar, a algunas diferencias sustanciales en las condiciones de partida (Höppe, 2002; Jendritzky, de Dear y Havenith, 2012),

⁵ Texto extraído de la Investigación "Índices de Confort Aplicados al Balneario de Monte Hermoso, Argentina", elaborada por María A. Huamantín Cisneros y M. Cintia Piccolo, Instituto de Geografía de la Universidad de Alicante, España, Revista Científica Investigaciones Geográficas, N°52, año 2010, pp. 201-214.

⁶ Texto extraído de la Tesis de Magister en Geografía y Geomática "Comparación de Modelos Físicos y Perceptuales para Determinar el Confort Térmico en Distintos Cañones Urbanos de la Ciudad de Concepción", elaborada por Cristóbal Lamarca García, Pontificia Universidad Católica de Chile, año 2014, p. 29.

como: el tiempo de exposición, normalmente inferior al de los espacios interiores, la actividad física desarrollada y el nivel de arropamiento. Estas variables pueden cambiar en función de la época del año, por ello los índices de confort de tipo estáticos pueden ser empleados en la evaluación de los espacios exteriores solo para exposiciones prolongadas (Höppe, 2002). Y, en segundo término, a que se ha empezado a considerar la influencia de los procesos psicológicos y culturales, a partir de estudios realizados en las playas italianas (Höppe, 1991) y australianas (Queensland) (De Freitas, 1985). Tales estudios demuestran que las personas se exponen voluntariamente a condiciones térmicas que pueden definirse extremas, subrayando la importancia de los factores psicológicos en las expectativas térmicas (Höppe, 2002) y contradiciendo a veces los índices basados en los parámetros fisiológicos y en el balance térmico (Nikolopoulou y Steemers, 2003; Jendritzky, De Dear y Havenich, 2012).

De acuerdo a estudios realizados acerca del confort térmico exterior, se pueden definir dos modelos de evaluación, el primero relacionado con los cálculos de confort térmico, a través de mediciones o simulaciones de los parámetros climáticos, y el segundo, considera trabajos de campo, en los cuales se realizan simultáneamente mediciones climáticas y cuestionarios de sensación térmica subjetiva (Pearlmutter et al., 1999).

Según Gómez N. et al., (2010), establecen que existen diversos **Modelos de Satisfacción Térmica Centrados en el Usuario**, los cuales se señalan a continuación:

- **Modelo Índice de Stress Térmico (ITS)**, fue desarrollado por Givoni (1969) y se presenta como un modelo biofísico que contempla los diversos mecanismos de intercambio de calor del cuerpo humano y el ambiente, considerando los niveles de actividad metabólica y vestimenta. La clasificación de valores incluye situaciones desde estrés por calor hasta estrés por frío.
- **Modelo Adaptación (Satisfacción Térmica)**, Nikolopoulou, et. Al, (1999), afirman que los estudios de campo que han determinado un enfoque exclusivamente fisiológico, calculando la sensación térmica dependientes de las condiciones ambientales, actividad física y vestuario, son insuficientes para establecer las características que condicionan el confort térmico exterior, por lo tanto, se hace relevante el proceso de adaptación para mejorar la adecuación entre el medio ambiente y las necesidades físicas y psicológicas del ocupante, tales como; la experiencia, memoria y expectativas.

- **Modelos Térmicos de Confort**, de acuerdo a la investigación desarrollado por Nikolopoulou M. et al., (2001), existen tres modelos que determinan las correlaciones entre los parámetros microclimáticos y la sensación térmica. Estos modelos utilizan datos meteorológicos de una estación cercana y son significativos para estudios de sensación térmica de las personas, con ellos se pueden desarrollar mapas de confort térmico exterior. Aplican datos físicos personales, psicológicos y de efectos de adaptación en el espacio exterior, los modelos desarrollados son los siguientes:
 - **Modelo ASV**, es definido como el Voto de Sensación Actual (ASV), el modelo matemático establece correlaciones entre los parámetros climáticos y los ASV, que nacen de los datos obtenidos en las encuestas subjetivas de sensación térmica, a través de índices con una escala de 5 puntos, que considera valores desde muy frío a muy caliente.
 - **Modelo PMV**, se refiere al voto medio previsto que fue elaborado por Fanger (1970). A través de datos subjetivos obtenidos de entrevistas personales, se calcula una ecuación que pretende generar un balance térmico que se relacione con las variables de vestimenta (aislamiento y área total), tipo de trabajo (carga térmica metabólica y velocidad del aire) y características del ambiente (temperatura seca, temperatura radiante media, presión parcial del vapor de agua en el aire y velocidad del aire). Este modelo principalmente se desarrolló para el estudio de ambientes interiores, faltan investigaciones para los casos de ambientes de microescala urbana.
 - **Índice de Confort (COMFA)**, propuesto por Brown y Gillespie (1995) consiste en una fórmula que expresa el balance de energía de una persona en un ambiente exterior, a través del intercambio y pérdida de calor por absorción, por emisión de radiación y por convección, determinando niveles de confort relacionados con valores de saldo energético y balance térmico.

Por otra parte y de acuerdo a lo investigado por Gómez N. et al., (2010), existen **Modelos Predictivos de Confort Térmico Centrados en el Espacio**.

El proyecto “Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces (RUROS)” de Nikolopoulou M, et. al, (2004), define herramientas para las etapas de diseño de espacios exteriores, incorporando los

parámetros climáticos y urbanos, a través de la modelización de estos espacios y considerando los datos entregados en las entrevistas realizadas a los ocupantes. Dentro de estos modelos se pueden describir los siguientes:

- **Modelos de Confort Térmico (monogramas de confort y mapas)**, de acuerdo a lo indicado por Davenport, A.G. (1972) estos modelos pronostican las condiciones de confort térmico, a través de los datos meteorológicos disponibles en la estación más cercana, con los cuales predicen la sensación térmica, calculando valores de ASV, y así, generar herramientas gráficas al diseñador (monogramas).
Se debe indicar que la falta de entrevistas personales para cálculos de ASV, puede producir resultados imprecisos en término de satisfacción, debido a esto se sugiere limitar el uso del modelo y sus monogramas para rangos de temperatura del aire de 5°C a 35°C.
- **Índice Confort de la Ciudad**, es utilizado para lograr un índice de confort (ASV) de una ciudad en distintas zonas climáticas, a través de datos meteorológicos (temperatura del aire, radiación solar global, velocidad del viento y humedad relativa). Se desarrolló para diferenciar el modelo ASV de otro modelo que relacione el confort y disconfort de una ciudad, ya que los niveles de ASV no se pueden interpretar de manera uniforme.
- **Índice de Confort para la Microescala**, de acuerdo a lo señalado por Smith, F. y Wilson, C.B. (1977), los datos meteorológicos obtenidos de las estaciones cercanas no representan adecuadamente las condiciones climáticas para los espacios exteriores que poseen un paisaje diverso, en los cuales se demuestran zonas con mayor sombra por su frondosa vegetación y otras zonas expuestas al sol y viento. Para identificar criterios simples de diseño, es necesario tomar mediciones climáticas en terreno y a la vez utilizar la información entregada por la estación meteorológica, de esta forma se hacen más perceptibles las modificaciones que pueden existir en el microclima del lugar. Se puede utilizar la vegetación para mejorar el microclima, reduciendo la temperatura del aire circundante, la radiación solar y permeabilidad para disminuir la velocidad del viento. Este método se puede considerar en la etapa inicial de diseño para identificar las zonas que presenten mayores problemas climáticos, de esta forma, se pueden evaluar distintas estrategias que garanticen un mejor uso del espacio.

- **Modelo CFD (computacional dinámica de fluidos)**, Existen distintas herramientas de investigación para evaluar los efectos de los movimientos de aire en un espacio exterior, dentro de las cuales se identifican la medición en terreno con instrumentos especiales, túnel de viento o modelo computacional para simular el flujo del aire (Bjerregaard, E. y Nielsen, F, 1981). Para el caso de la simulación, denominado Computacional Dinámica de Fluidos (CFD), permite combinar la velocidad del viento, dirección y distribución física del espacio a evaluar. El modelo desarrolla el cálculo del efecto del viento en diferentes condiciones a nivel peatonal (1,5m. sobre el nivel del suelo), considerando las dimensiones del espacio, la velocidad y dirección del viento, la altura de los edificios y dimensiones y ubicación de las aberturas del espacio. Dentro de las exigencias, se requiere computadores con mayor capacidad para desarrollar los cálculos y un profesional con experiencia en este tipo de software.
- **Modelo MRT (temperatura media radiante)**, es un método gráfico que permite evaluar las condiciones de radiación de una zona urbana a través de un programa computacional denominado Solene⁷. Con este modelo se pueden obtener valores de MRT y su variación en diferentes periodos en la época de verano, considerando los parámetros de la latitud, radiación de los pavimentos, protecciones solares, geometría del espacio y orientación.
- **Modelo Digital Elevation Model (DEM)**, utiliza datos geográficos y microclimáticos para analizar los factores morfológicos que inciden en el confort térmico de los espacios exteriores. De esta forma, se pueden obtener estrategias de diseño en relación a la morfología urbana y el microclima.
- **Mapas de Confort Térmico**, es una herramienta gráfica que demuestra la comodidad de los ocupantes en un entorno urbano, permite evaluar las condiciones bioclimáticas, el uso del espacio y la influencia del diseño urbano. Comparando las condiciones de confort térmico en distintas zonas a través del uso del espacio. Es necesario analizar los parámetros climáticos del lugar y realizar encuestas de campo que entreguen datos de la sensación térmica para evaluar el diseño del espacio exterior. Los mapas de confort demuestran cómo influyen de las estructuras urbanas, los materiales y la vegetación al confort térmico y el diseño de estos espacios.

⁷ SOLENE: programa computacional que simula el microclima urbano.

- **Modelo CTTC (módulo constante de tiempo térmico)**, fue desarrollado por Swaid y Hoffman (1990) para calcular la temperatura diurna del aire y su variación en el corredor urbano. Este modelo se basa en cómo la radiación solar directa aumenta la temperatura del aire en la vía.

El modelo se limita a óptimas condiciones meteorológicas y la estación de verano.

- **Modelo ENVI-met**, es un programa computacional desarrollado por Bruse M. (1999), el cual reproduce los principales procesos atmosféricos, suelo, vegetación y edificios que influyen en el microclima de una zona urbana. Se requiere incorporar al modelo los datos meteorológicos, límites geográficos y datos de los edificios (dimensiones, reflectividad, coeficiente K y la temperatura interior).

Aunque presenta limitaciones, es considerado una herramienta útil para la evaluación del confort térmico del microclima dentro de las áreas urbanas.

La aproximación cuantitativa es insuficiente para comprender la complejidad del confort en los espacios abiertos, por lo que la tendencia actual en la investigación comienza a incluir parámetros perceptuales en sus análisis (Lamarca, 2014). La satisfacción de los peatones con respecto al factor térmico del ambiente es un indicador perceptual de mucha importancia, que determina la cantidad de tiempo invertido en los espacios públicos exteriores. Sin embargo, es muy difícil juzgar el nivel de satisfacción con el confort térmico, ya que varía de una persona a otra (Setaih et al, 2013).

2.3 Estrategias de Diseño Confortables para Espacios Públicos

El diseño de los espacios urbanos modifica las variables atmosféricas que influyen en el balance energético del cuerpo; estas variables afectan el confort humano y el consumo de energía en áreas urbanas. (Oke, 2004; Correa et al., 2006).

De acuerdo a la guía “Claves para proyectar espacios públicos confortables. Indicador del confort en el espacio público”⁸, desarrollada por el estudio español “Enrique Mínguez Arquitectos”, la cual puede ser utilizada como una herramienta para mejorar la calidad de los espacios. En la guía se menciona que los factores que influyen en el confort del espacio público urbano son los siguientes:

⁸ Información extraída de la guía “Claves para Proyectar Espacios Públicos Confortables. Indicador del Confort en el Espacio Público” de Martínez, E. M., Ciriquián, P. M., Moure, M. V., & García, D. M., 2013.

- **Condiciones Térmicas**

Evalúa Datos Climáticos y Materiales del Espacio Público.

Estrategias de Mejora:

- Uso de la Vegetación, para generar microclimas, zonas de sombra y cortavientos en lugares expuestos.
- Mejorar el Soleamiento, orientación y ancho de las calles, altura y tipología de las edificaciones.
- Identificar los Vientos Locales para lograr el bienestar de los espacios exteriores urbanos y mejorar las condiciones del microclima. La existencia de manzanas, edificios y elementos urbanos, disminuyen las corrientes de aire del entorno circundante.
- Las calles anchas y con poca altura de edificación dispersan las corrientes de viento. En la época de verano, los espacios abiertos deben estar más ventilados y en la época más fría se deben utilizar elementos de protección.

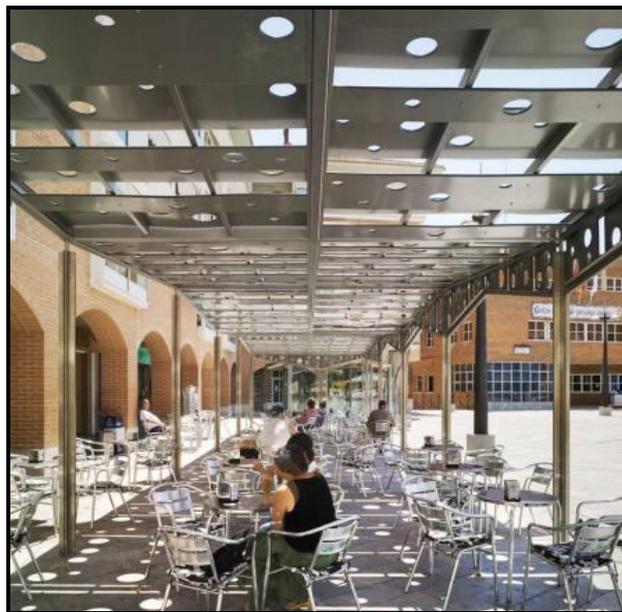


Figura 4. Zona de Sombra. Plaza de la Balsa Vieja, Ciudad de Totana.
Fuente: Enrique Mínguez Arquitectos.

- **Escala Urbana**

Evalúa Ancho de la Sección y Altura de las Edificaciones.

Estrategias de Mejora:

- Diseñar espacios con la escala proporcionada para las actividades que se desarrollen, de acuerdo a los requerimientos del clima del lugar.
- Fragmentar los espacios sobredimensionados, utilizando elementos temporales o definitivos (vegetación, bulevares, entre otros), adaptándose a las necesidades de los ciudadanos.

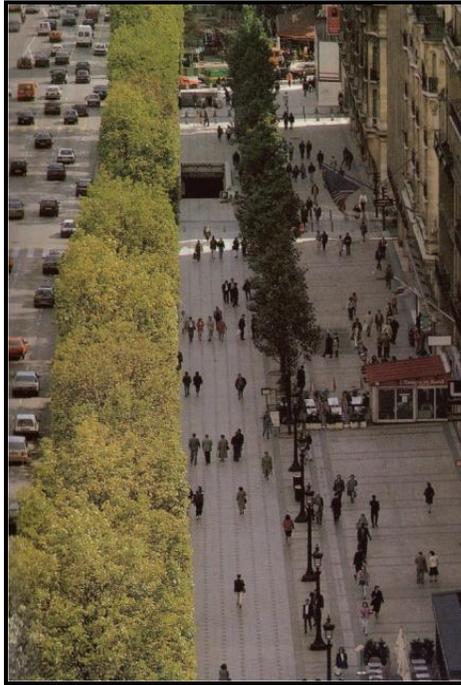


Figura 5. Fragmentar el Espacio. Campos Elíseos, Ciudad de París.
Fuente: Enrique Mínguez Arquitectos.

- **Ocupación del Espacio Público**

Actividad a realizar en el espacio público.

Estrategias de Mejora:

- Equilibrio entre los espacios funcionales y de permanencia.
- Proyectar actividades que fomenten la interacción urbana delimitando la longitud del frente edificado.
- Potenciar el espacio peatonal frente al espacio público.



Figura 6. Puerta del Sol, Ciudad de Madrid. Concentración 15M.
Fuente: Enrique Mínguez Arquitectos.

- **Paisaje Urbano**

Atractivo del Entorno, desde una perspectiva visual.

Existen diversas formas de paisaje (natural, histórico, arquitectónico y comercial).

El componente estético del paisaje es una herramienta para generar confort.

Estrategias de Mejora:

- Distribución del arbolado como elemento paisajístico de gran interés.
- Uso de pavimentos atractivos (colores, diseños, materiales novedosos).
- Diseñar con colores.



Figura 7. Paseo Marítimo de la Manga del Mar. Ciudad de Murcia. g
Fuente: Enrique Mínguez Arquitectos.

- **Percepción de Seguridad**

Transparencia y visibilidad del espacio, utilizando elementos arquitectónicos que promuevan la vigilancia natural entre ciudadanos.

El uso definido del espacio es fundamental, se deben evitar las zonas residuales, ya que al no existir una actividad se crean espacios desiertos. Se deben proponer diversos usos para garantizar flujos variables durante todo el día.

Estrategias de Mejora:

- Utilizar elementos de protección vegetales, topográficos y/o constructivos.
- Diseñar trazados urbanos que promuevan la transparencia garantizando la visibilidad natural.

- **Condiciones Acústicas**

El ruido que genera el tráfico vehicular invade cotidianamente nuestro entorno urbano. Existen indicadores para ciudades grandes y medianas, según lo indicado por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (AEUB)⁹, establece qué porcentaje de población estará expuesto a determinados niveles sonoros para obtener confort acústico.

Estrategias de Mejora:

- Diseñar barreras antirruidos con elementos vegetales instalados en franjas.
- Instalar en vías básicas pavimentos de materiales que absorben el ruido como el asfalto sono-reductor.
- Disminuir la velocidad máxima permitida.



Figura 8. Elemento Vegetal como Barrera Antirruído. Plan Estratégico de Intervención en la Travesía Urbana de Pliego. Fuente: Enrique Mínguez Arquitectos.

⁹ Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. <http://bcnecologia.net>.

- **Calidad del Aire**

La calidad del aire de nuestras ciudades es una variable fisiológica que afecta a la habitabilidad del espacio público. No sólo es un problema de confort sino de salud.

Estrategias de Mejora:

- Controlar el número de vehículos en circulación, a través del aumento de superficies peatonales, dificultando el estacionamiento, entre otros.
- Mayor planificación del arbolado, eligiendo especies con más capacidad de absorción de CO₂.

- **Ergonomía**

Debe ser utilizada para mejorar la calidad en el diseño del espacio urbano y en el diseño de cada uno de los elementos que lo configuran (mobiliario, luminarias, pavimentos, entre otros).

Estrategias de Mejora:

- Se debe realizar un estudio previo del entorno y sus características (climatológicas, geográficas, de uso, durabilidad) antes de definir los elementos que configuran el espacio público.
- Uso de sistemas de ordenación contrastados (sistemas de bandas funcionales o similar).

2.4 Conceptos a Considerar en este Estudio

De acuerdo a las investigaciones desarrolladas y expuestas en el presente marco teórico, se puede establecer que los métodos para evaluar el confort térmico en espacios abiertos aún se encuentran en proceso de análisis que precisen sus resultados, debido a que en los últimos años se comprueba la importancia de considerar al ser humano como protagonista e instrumento clave de estos estudios. Se identifican como conceptos significativos para evaluar el confort térmico exterior; el microclima y la sensación térmica del ocupante en relación al entorno que rodea el espacio público.

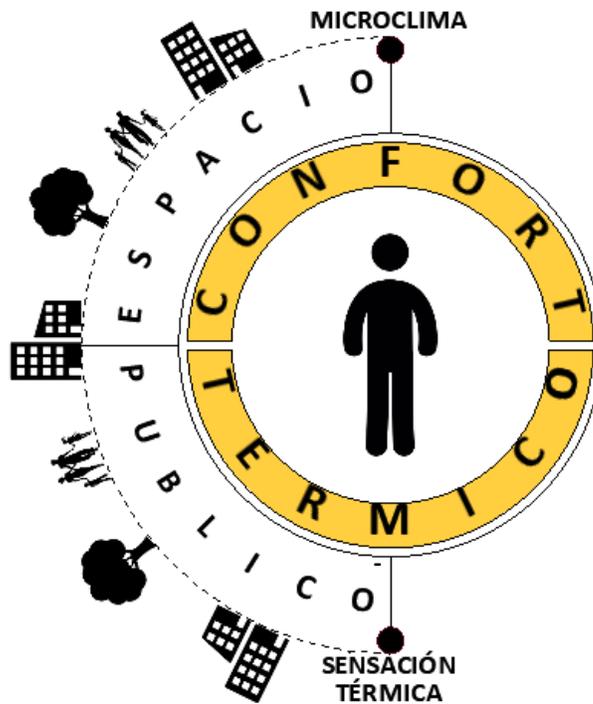


Figura 9. Esquema resumen de conceptos significativos en marco teórico .
Fuente: Elaboración Propia.

Según los estudios desarrollados por VDI, (1998), Nikolopoulou y Steemersm (2003) y Thorsson et al, (2004), en los cuales establecen que un método cuantitativo no es suficiente para determinar la complejidad del confort térmico en los espacios abiertos. La satisfacción de los ocupantes en relación al factor térmico del ambiente es un indicador perceptual de gran importancia que define la cantidad de tiempo utilizado en los espacios públicos exteriores.

3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Determinación del Espacio Exterior a Evaluar

El estudio del confort térmico ha sido abordado mayoritariamente para recintos cerrados como oficinas, escuelas y hogares. Sin embargo, muchas actividades de recreación y de interés comercial, como eventos culturales y turísticos, se desarrollan en espacios abiertos (Spagnolo y de Dear, 2003).

Se simboliza la ciudad como “la forma más radical de transformación del paisaje natural, pues su impacto no se limita a cambiar la morfología del terreno, nuevas construcciones, otro plano y disposición del territorio, ni tampoco la aglomeración humana o mecánica que determina, sino que todo ello modifica las mismas condiciones climáticas y ambientales, elevando la temperatura y afectando al régimen de precipitaciones y de vientos” (Tornero et al, 2006).

El estudio de las condiciones biometeorológicas de una ciudad contribuye con la planificación de sus actividades y el bienestar de su población. Su consideración permite identificar aquellos momentos en los que el ser humano experimenta sensaciones de confort climático. Este aspecto resulta de importancia en espacios concurridos o habitados, como son los balnearios turísticos (Huamantínco & Piccolo, 2010).

Existe un gran interés en la calidad de los espacios urbanos abiertos y se reconoce que pueden contribuir a la calidad de vida de las ciudades, o contrariamente mejorar el aislamiento y exclusión social. Esto se relaciona con el entorno físico (microclima, confort térmico, visual y acústico, morfología urbana, entre otros) y el entorno social. Por lo tanto, para aumentar el uso del espacio al aire libre y revitalizar las ciudades, las condiciones ambientales impuestas a las personas que usan estos espacios, deben ser igualmente consideradas (Boumaraf & Tacherift, 2012).

Chile tiene acceso al mar en sus 4.300 kilómetros de longitud, la figura N°10 visualiza la directa relación que existe con el océano pacífico. En distintas ciudades del país se hallan diversas construcciones y/o actividades en torno al mar, tales como; espacios públicos de bordes costeros, caletas de pescadores, polos gastronómicos, muelles, actividades deportivas y recreativas náuticas, entre otras. Con estas actividades se puede evidenciar la importancia y concurrencia que posee la zona costera de nuestro país, abarcando ocupantes con diversas características (géneros, grupos etáreos). Es por esta razón, que es fundamental el estudio de confort térmico en los bordes costeros, ya que son espacios que congregan a distintas personas que desarrollan tanto actividades laborales, como turísticas o visitas.



Figura 10. Cartografía Digital SII Mapas. El color rojo delimita el país de Chile.
Fuente: Página Web Servicios de Impuestos Internos (<https://www.sii.cl>).

3.2 Elección del Caso de Estudio

La región del Bío Bío fue fuertemente afectada por el terremoto del 27 de febrero del año 2010, el posterior tsunami destruyó gran parte de las comunidades urbanas del borde costero de la región, debido a este suceso se desarrolla el Plan de Reconstrucción Borde Costero Región del Bío Bío (PRBC18), elaborado por el Gobierno Regional, un equipo técnico y colaboradores, dentro del cual se plantea la reconstrucción de 18 entidades urbanas, asegurando su restauración urbanística de calidad, inclusiva e integral, incorporando indicadores de calidad de vida sustentables. Las localidades incluidas en el plan son las siguientes; Cobquecura, Perales, Purema, Dichato, Coliumo, Caleta del Medio, Los Moros, Penco – Lirquén, Talcahuano, Tumbes, Lo Rojas, Puerto Sur, Tubul, Llico, Lebu, Quidico, Tirúa e Isla Mocha.



Figura 11. Daños en la Costanera de Talcahuano. Fuente: María Dolores Muñoz (Marzo 2010), Recuperación del Espacio Público en los Bordes de Agua del Área Metropolitana de Concepción como Reafirmación de Identidad y Construcción de Memoria del Futuro.

Al investigar acerca de los distintos bordes costeros reconstruidos en la región del Bío Bío, se selecciona como caso de estudio para esta investigación, el sector de La Poza de Talcahuano, debido a la variedad de zonas y usos que considera el espacio público del borde costero, lo cual lo hace atractivo para analizar los distintos escenarios que presenta, tanto en su morfología y actividades como en las variaciones climáticas que puede llegar a presentar. La obra fue terminada el año 2013, con una superficie intervenida en el espacio público de 15.000 m² aproximadamente. El proyecto consideró la construcción de la caleta de pescadores, un mercado, cuatro restaurantes conocidos como las bentotecas, cendyr náutico, muelles y zonas de juegos infantiles, los pavimentos contemplan en gran parte superficies de hormigón, piedras y baldosas. Está ubicado a 500 metros de la Plaza de Armas “Arturo Prat” de la ciudad y demuestra una alta concurrencia de turistas a este lugar, principalmente en la época estival. Entre los meses de enero a marzo de 2018 fue visitado por 7.205 turistas, entre los cuales 2.659 eran chilenos y 4.546 eran extranjeros, estos datos estadísticos fueron entregados en la oficina de informaciones turísticas de la Ilustre Municipalidad de Talcahuano.

Talcahuano es la segunda comuna con mayor cantidad de población en la Región del Bío Bío, posee 151.749 habitantes, de acuerdo a los datos obtenidos en el Censo del año 2017 y uno de los puertos más importantes del país. Se ubica en la latitud S 36° 42' 29" y longitud O 73° 06' 46", a 15

kilómetros hacia el norte de la ciudad de Concepción, capital de la octava región de Chile. Su mayor atractivo turístico con carácter histórico, es el Museo Monitor Huáscar, ubicado en la costa de la Base Naval de Talcahuano, a 500 metros aproximadamente del borde costero La Poza.



Figura 12. Imagen de Museo Monitor Huáscar. Fuente: Pagina web oficial del Museo <https://huascar.cl/>

De acuerdo al Plan de Reconstrucción del Borde costero – PRBC18, para el caso de Talcahuano, el Gobierno Regional del Bío Bío consideró lo siguientes objetivos:

- Acercar funcionalmente al centro cívico de la ciudad con el borde marino a través de una vía peatonal que se enlaza con el paseo de borde.
- Remodelación de La Poza.
- Explanada pública con equipamiento comercial, paseos, miradores y muros de defensa costera.
- Recuperación del borde costero con equipamiento para desembarque pesquero artesanal.
- Reconstrucción mercado de productos del mar y locales gastronómicos.
- Construcción de un área para deportes náuticos.
- Integrar indicadores avanzados de sustentabilidad urbana, para promover un uso más eficiente de los recursos y procurar una mejor relación con el medio ambiente. Es por esto

que se considera una construcción nueva, con una fuerte identidad en el espacio público de Talcahuano, el cual es visitado por un gran número de turistas en la época estival.

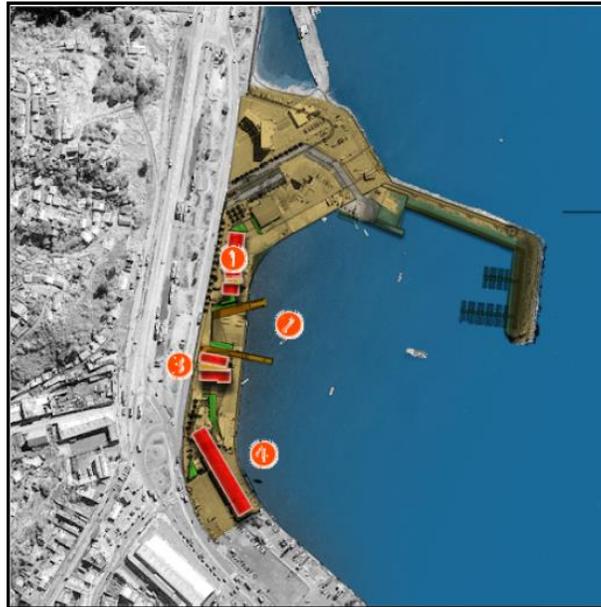


Figura 13. Imagen Objetivo Remodelación Sector La Poza. Fuente: Plan de Reconstrucción del Borde Costero - PRBC18, Plan Maestro Talcahuano, Año 2010, Gobierno Regional del Bío Bío.



Figura 14. Imagen Borde Costero La Poza Talcahuano. Fuente: Elaboración Propia.

Las tablas 1 y 2 indican las zonas del plan regulador de la comuna de Talcahuano en las cuales está emplazado el borde costero La Poza, con la información descrita se puede entender que prevalecen los usos para espacios públicos abiertos y equipamiento para desempeñar funciones de pesca artesanal. Predominan los espacios con amplias explanadas más que las edificaciones de gran altura, esto favorece el desarrollo de actividades al aire libre.

ZONA EQUIPAMIENTO, ZEQ- 4: (Ventana al Mar - Huachipato)	
CUADRO USO DE SUELO	
Usos permitidos:	Equipamiento de clases Científico, Comercio excepto de centros y locales comerciales, grandes tiendas, supermercados, mercados, y estaciones o centros de servicio automotor, Culto y Cultura; Deporte, Educación excepto centros de orientación o rehabilitación conductual, Esparcimiento y Servicios. Áreas Verdes de parques urbanos, parques naturales, plazas, jardines, miradores, playas y juegos infantiles.
Usos prohibidos:	Residencial. Y todos los usos de suelo no mencionados anteriormente como permitidos.
CONDICIONES DE SUBDIVISIÓN Y EDIFICACIÓN (*)	
Subdivisión predial mínima (m ²):	2.500
Coefficiente máximo de ocupación de suelo:	0,3
Coefficiente máximo de constructibilidad:	1,2
Altura máxima de la edificación (m):	12
Sistema de agrupamiento:	A
Altura máxima de la edificación continua (m):	----
Profundidad máxima de la edificación continua (%):	----
Línea de edificación respecto a línea oficial (m):	5
Adosamiento:	No
Distancia mínima del adosamiento respecto a la línea oficial (m):	----
Construcciones en antejardín:	Art. 31
Cuerpos salientes en antejardín (m):	2
Cuerpos salientes en espacio público (m):	No
Ochavos:	No
Densidad habitacional bruta máxima (hab/ha):	----
(*) - Ángulo de la Rasante: 60°. - Distancia mínima 1° y siguientes pisos, fachada con y sin vano: 5,0 m.	

Tabla 1. Cuadro normativo de Zonificación ZEQ-4. Fuente: Ordenanza Local del Plan Regulador Comunal de Talcahuano, año 2016.

ZONA PUERTO PESQUERO ARTESANAL, ZPEA: (San Vicente-Poza Blanco)	
CUADRO USO DE SUELO	
Usos permitidos:	Residencial de vivienda unifamiliar necesaria para el funcionamiento de la pesca artesanal. Equipamiento de toda clase asociado a la pesca artesanal. Actividades Productivas asociada a la pesca artesanal de establecimientos de bodegaje inofensivo y molesto. Infraestructura asociada a la pesca artesanal excepto de vías y estaciones ferroviarias, instalaciones o recintos aeroportuarios, sanitaria y energética.
Usos prohibidos:	Residencial. Y todos los usos de suelo no mencionados anteriormente como permitidos.
CONDICIONES DE SUBDIVISIÓN Y EDIFICACIÓN	
Subdivisión predial mínima (m ²):	2.000
Coefficiente máximo de ocupación de suelo:	0,5
Coefficiente máximo de constructibilidad:	1
Altura máxima de la edificación (m):	15
Sistema de agrupamiento:	A
Altura máxima de la edificación continua (m):	----
Profundidad máxima de la edificación continua (%):	----
Línea de edificación respecto a línea oficial (m):	3 (optativa)
Adosamiento:	No
Distancia mínima del adosamiento respecto a la línea oficial (m):	----
Construcciones en antejardín:	Art. 31
Cuerpos salientes en antejardín (m):	1,5
Cuerpos salientes en espacio público (m):	----
Ochavos:	Si
Densidad habitacional bruta máxima (hab/ha):	----

Tabla 2. Cuadro normativo de Zonificación ZPEA. Fuente: Ordenanza Local del Plan Regulador Comunal de Talcahuano, año 2016.

4. ANÁLISIS PERCEPTUAL Y TÉRMICO DEL BORDE COSTERO LA POZA

4.1 Clima del Lugar de Estudio

Las características climatológicas de una localidad condicionan la forma de vida de sus habitantes, tanto en los espacios interiores como exteriores. En los últimos, las condiciones de habitabilidad son más adversas que en los primeros, donde ellas pueden ser controladas, aislando al ser humano de las variables climatológicas que le afecten. Es por ello que en el diseño de los espacios públicos, se debe buscar una respuesta a esas particularidades climatológicas, que facilite la adaptación del hombre al medio ambiente exterior (Guzmán, Ochoa, 2014). En ese sentido, dice Víctor Olgyay (1988), que el hombre siempre se esfuerza por llegar al punto en el que adaptarse a su entorno le requiera solamente un mínimo de energía.

El conocimiento del clima urbano y de cómo afecta a las personas es un tema que ha sido investigado desde hace muchos siglos. Hoy en día el estudio del clima urbano se enfrenta a los retos que demanda la sociedad, cada vez más preocupada por el cambio climático y la sostenibilidad (Tumini, Pérez, 2015). Eso supone un cambio en las líneas de investigación prioritarias en este tema que se enfocan en entender la relación entre condiciones medioambientales y la percepción del hombre (Fernández García, Galán y Cañada Torrecilla, 2012), en la cual la sensación térmica asume un papel relevante.

De acuerdo a la NCh. 1079. Of. 77, la región del Bío Bío se clasifica en la zona climática Sur Litoral (SL), Talcahuano es una de las ciudades que la constituyen. Se caracteriza por ser una zona de clima marítimo lluvioso, de inviernos prolongados, suelo y ambientes salinos y húmedos, fuertes vientos de componente oeste y norte, la humedad es alta y la temperatura templada a fría.

Zona	Localización	Características Generales
SL	Sur Litoral: continuación de zona CL desde el límite norte de la comuna de Cobquecura hasta el límite sur de las comunas Maullín, Calbuco y Puerto Montt. Variable en anchura penetrando por los valles de los numerosos ríos que la cruzan.	Zona de clima marítimo, lluvioso. Inviernos largos. Suelo y ambiente salinos y húmedos. Vientos irregulares de componentes SW y N. Vegetación robusta. Temperatura templada a fría.

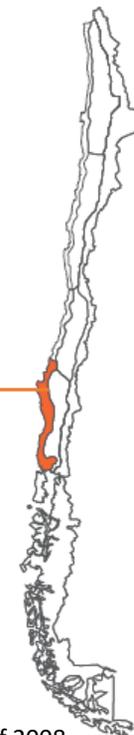


Figura 15. Localización y Descripción del Clima de la Zona Sur Litoral, según Nch. 1079. Of 2008. Fuente: Elaboración Propia.

Según lo escrito por Waldo Bustamante G. en su “Guía de Diseño para la Eficiencia Energética en la Vivienda Social”, señala que el clima de la zona sur litoral es de temperaturas templadas (verano) a frías (invierno), presenta una alta radiación solar en verano hacia el norte de la zona (Concepción, Talcahuano), la que decrece hacia el sur. Existe una baja radiación en invierno en toda la zona.

La ciudad de Talcahuano, presenta un clima templado cálido con estación seca corta, de cuatro meses de duración aproximadamente. Las oscilaciones térmicas de Talcahuano son relativamente moderadas, esto se debe a la cercanía de la ciudad con el océano pacífico.

De acuerdo a los datos indicados en la Tabla 3 de Parámetros Climáticos promedio de Talcahuano, el período más lluvioso se encuentra entre los meses de mayo a agosto. Las temperaturas medias más altas se registran entre los meses de enero a marzo y las temperaturas medias más bajas se registran entre los meses de junio a septiembre. Los meses con mayor humedad relativa son desde mayo a octubre, siendo los de menor humedad entre diciembre a marzo.

La mayor cantidad de precipitaciones se observa en el mes de julio con 240,4mm. de agua caída, y a su vez, en el mes de enero se establece la menor cantidad de precipitaciones con 10,6mm.

Parámetros climáticos promedio de Talcahuano 													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	30	33	27	25	25	17	17	20	21	23	28	32	34
Temp. máx. media (°C)	23	24	22	18	15	13	13	13	15	17	21	21	17.9
Temp. media (°C)	16	16	14	12	10	8	7	8	9	11.	13	13	11.4
Temp. mín. media (°C)	12	11	10	6	6	4	3	3	4	7	9	10.	7.1
Temp. mín. abs. (°C)	3	5	1	-1	-1	-5	-6	-2	-2	-2	2	2	-6
Precipitación total (mm)	10.6	20.4	60.3	80	190	230.7	240.4	180	100.0	50.1	40.2	21.3	1224
Días de lluvias (≥ 1 mm)	1	1	4	5	10	14	15	12	6	8	3	2	81
Horas de sol	334	271	248	183	136	108	133	155	192	239	282	332	2613
Humedad relativa (%)	66	67	73	78	82	85	84	79	82	81	77	66	76.7

Fuente n°1: weatherbase 2017
Fuente n°2: accuweather

Tabla 3. Parámetros Climáticos promedio de Talcahuano. Fuente: Sitio web www.accuweather.com

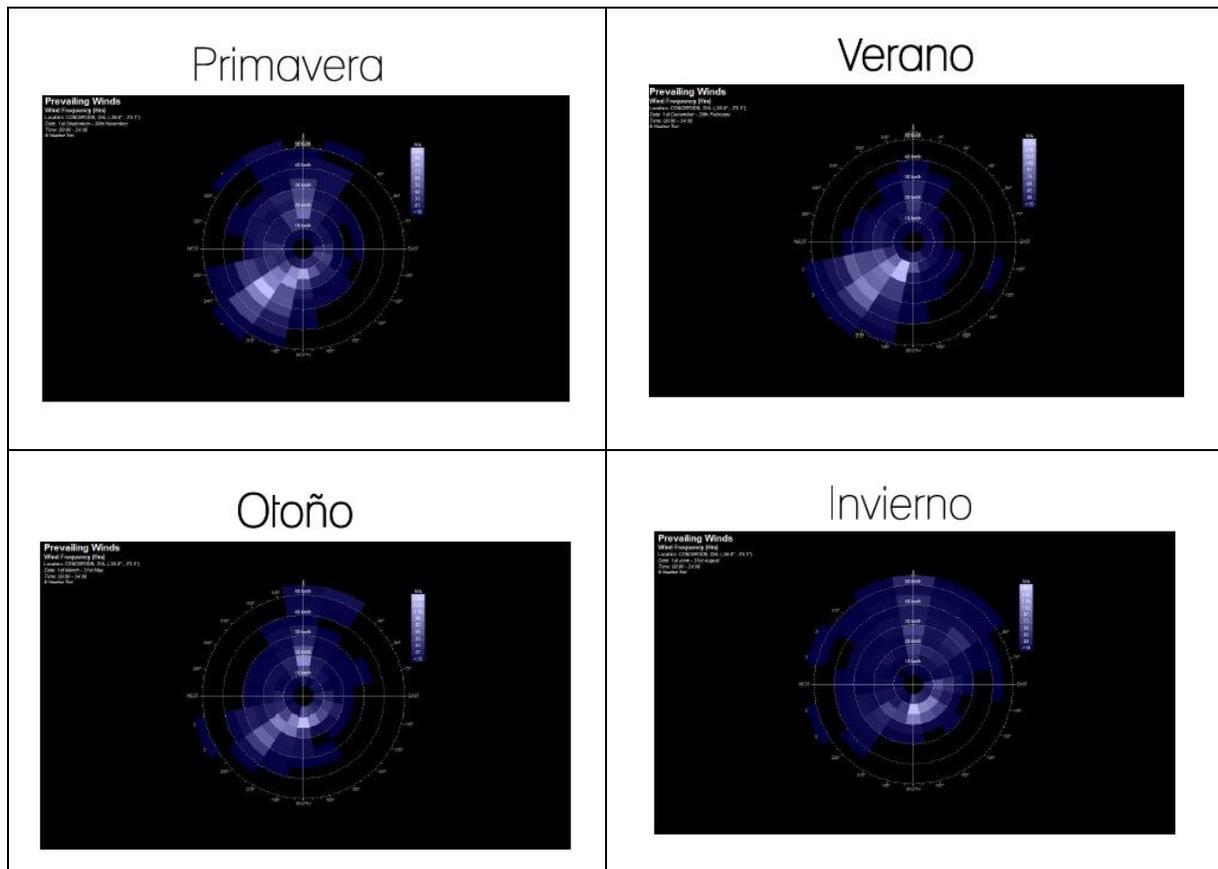


Figura 16. Esquema de Vientos Predominantes.
Fuente: Elaboración propia a través del software Ecotect Analysis 2011.

Los vientos predominantes en Talcahuano, en la época de primavera y verano, son en dirección surponiente, y en la época de otoño e invierno son en dirección norte. Las velocidades presentan distintas variaciones durante el año, por su cercanía a la costa.

4.1.1. Análisis de Datos Climáticos Anuales del sector

La ciudad de Talcahuano posee un Centro Meteorológico Marítimo de la Armada de Chile, ubicado en Avenida Almirante Villarroyel N° 107 de Talcahuano. La estación meteorológica en uso es la Davis Vantage Pro y se encuentra en una elevación de 3 metros de altura. Se consulta esta estación por ser la más cercana al sector evaluado de La Poza, se encuentra a menos de 100 metros de este espacio. Este centro entregó información respectiva a los datos meteorológicos que se registraron diariamente durante el año 2017. Las variables climáticas consideradas son; temperatura del aire (media, mínima y máxima), humedad relativa (media), velocidad de viento (dirección e intensidad, media y máxima).

Se elabora un cuadro resumen climatológico anual con los datos recopilados para identificar los meses con las extremas de las variables evaluadas.

Mes Año 2017	T° Media	T° Mínima Absoluta	T° Máxima Absoluta	Humedad Relativa Media	Velocidad Viento Media (Dirección/Intensidad)	Velocidad Viento Máxima
Enero	18,4°C	11,6°C	31,5°C	68,30%	S 05,66m/s	09,77m/s
Febrero	17,1°C	10,6°C	27,5°C	77,70%	SO 04,63m/s	08,23m/s
Marzo	15,9°C	10,6°C	26,1°C	79,60%	S 3,09m/s	07,20m/s
Abril	14,9°C	7,6°C	23,9°C	84,10%	NO 2,06m/s	06,17m/s
Mayo	11,8°C	3,4°C	20,0°C	85,70%	NO 2,57 m/s	07,20m/s
Junio	10,9°C	2,1°C	17,2°C	85,90%	NO 3,09m/s	06,69m/s
Julio	9,9°C	1,6°C	19,7°C	83,10%	NO 2,57m/s	05,66m/s
Agosto	9,9°C	3,7°C	16,4°C	85,30%	NO 3,09m/s	07,72m/s
Septiembre	10,8°C	4,2°C	22,6°C	78,10%	S 3,60m/s	07,20m/s
Octubre	12,2°C	6,4°C	19,7°C	80,20%	S 4,12m/s	08,23m/s
Noviembre	14,4°C	8,5°C	22,7°C	75,20%	SE 5,14m/s	09,26m/s
Diciembre	15,6°C	9,6°C	23,5°C	78,10%	SO 5,14m/s	08,75m/s

Tabla 4. Cuadro Resumen Climatológico Año 2017 de la Ciudad de Talcahuano (Datos del Centro Meteorológico Marítimo de la Armada de Chile). Fuente: Elaboración Propia.

Se puede determinar que en la época de verano, durante el mes de enero se registran las máximas del año, del 67% de las variables analizadas, la temperatura media registra un valor de 18,4°C, la temperatura máxima absoluta 31,5°C y la velocidad del viento una intensidad media de 05,66 m/s con dirección Sur y una intensidad máxima de 09,77 m/s. En cambio, se presenta la humedad relativa media más baja con un valor de 68,30%.

En la época de otoño, durante el mes de abril, se registra el menor valor de la media de velocidad del viento con 02,06 m/s dirección noroeste.

Para el caso de la humedad relativa media, su valor más alto es de un 85,90% y se manifiesta en la época de invierno durante el mes de junio. Además, la temperatura del aire presenta los valores más bajos del año en el mes de julio, en su media con 9,9°C y en la mínima absoluta con 1,6°C.

Con los datos obtenidos en el resumen climatológico se puede determinar que la variable de temperatura del aire media no registra diferencias extremas durante las distintas épocas el año, la diferencia entre el mes enero y mes de julio es de 8,5°C. El parámetro de temperatura media nos permite definir los valores límites de confort para invierno y verano, según el modelo de confort adaptativo de Auliciems (Szokolay 2004), el cual determina que las personas se adaptan a las condiciones estacionales a través de mecanismos de ajuste cardiovascular. Este método utiliza los valores de temperatura media del mes de la localidad donde se emplaza el proyecto a evaluar, establece la temperatura neutral (T_n) en base a base a lo siguiente:

$$T_n = 17,6 + 0,31 \times T_m$$

Donde:

T_n : Temperatura Neutral.

T_m : Temperatura Media del Mes a Analizar.

Con esta fórmula podemos calcular la temperatura límite inferior y superior de la zona de confort, la cual considera un 90% de aceptación entre sus ocupantes, se definen considerando un rango que varía estacionalmente (verano e invierno), por lo cual, se establece que:

$$T_{inf} = T_n - 2,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{sup} = T_n + 2,5^{\circ}\text{C}$$

Para aplicar estas fórmulas, se debe considerar la temperatura media del mes más caluroso y la temperatura media del mes más frío.

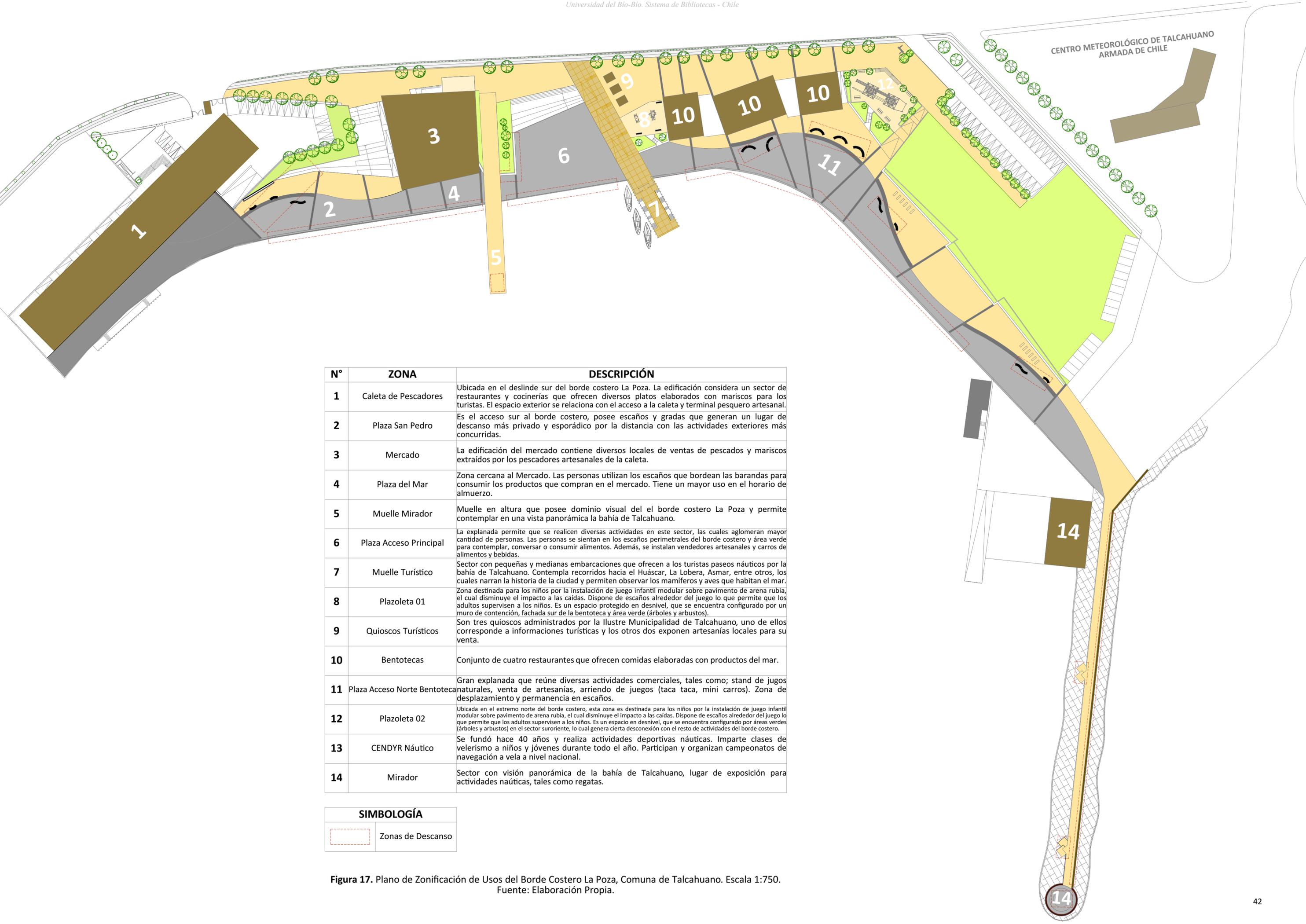
Para el caso del espacio público de La Poza, durante el mes de enero (época de verano) la temperatura neutral es de $23,3^{\circ}\text{C}$, por lo cual, los rangos de temperatura deben estar entre los $20,8^{\circ}\text{C}$ y $25,8^{\circ}\text{C}$. Para el mes de julio (época de invierno) la temperatura neutral es de $14,5^{\circ}\text{C}$, de modo que, los rangos de temperatura se encuentran entre los 12°C y 17°C . De esta forma, se estaría dando cumplimiento a lo establecido en el método de confort adaptativo. Por lo tanto, se puede establecer que, no existe confort térmico de acuerdo a lo indicado en el método de confort adaptativo, en ambos meses hay un déficit de temperatura del aire, ya que no se logran insertar dentro de los límites de temperatura inferior y superior.

4.2 Plano de Zonificación de Usos del Borde Costero La Poza

Al investigar las condiciones de confort de los espacios urbanos abiertos, se debe establecer una diferencia entre las rutas y los lugares de descanso (Nikolopoulou, Baker & Steemers, 2001). Es importante diferenciar las zonas de mayor permanencia que demuestran las preferencias de sus ocupantes debido al nivel de confort que experimentan en el borde costero.

La Dirección de Obras Portuarias de la región del Bío Bío proporcionó la planta de arquitectura del proyecto "Mejoramiento Borde Costero Sector La Poza". Se utilizó este material para desarrollar un plano de zonificación identificando las distintas actividades que acoge este espacio.

A continuación, se presenta el plano de zonificación elaborado en el programa computacional Archicad, con la descripción de cada zona, identificando las distintas actividades y lugares de descanso, los cuales se definen de acuerdo al mobiliario urbano y el acontecer que se genere.



N°	ZONA	DESCRIPCIÓN
1	Caleta de Pescadores	Ubicada en el deslinde sur del borde costero La Poza. La edificación considera un sector de restaurantes y cocinerías que ofrecen diversos platos elaborados con mariscos para los turistas. El espacio exterior se relaciona con el acceso a la caleta y terminal pesquero artesanal.
2	Plaza San Pedro	Es el acceso sur al borde costero, posee escaños y gradas que generan un lugar de descanso más privado y esporádico por la distancia con las actividades exteriores más concurridas.
3	Mercado	La edificación del mercado contiene diversos locales de ventas de pescados y mariscos extraídos por los pescadores artesanales de la caleta.
4	Plaza del Mar	Zona cercana al Mercado. Las personas utilizan los escaños que bordean las barandas para consumir los productos que compran en el mercado. Tiene un mayor uso en el horario de almuerzo.
5	Muelle Mirador	Muelle en altura que posee dominio visual del el borde costero La Poza y permite contemplar en una vista panorámica la bahía de Talcahuano.
6	Plaza Acceso Principal	La explanada permite que se realicen diversas actividades en este sector, las cuales aglomeran mayor cantidad de personas. Las personas se sientan en los escaños perimetrales del borde costero y área verde para contemplar, conversar o consumir alimentos. Además, se instalan vendedores artesanales y carros de alimentos y bebidas.
7	Muelle Turístico	Sector con pequeñas y medianas embarcaciones que ofrecen a los turistas paseos náuticos por la bahía de Talcahuano. Contempla recorridos hacia el Huáscar, La Lobera, Asmar, entre otros, los cuales narran la historia de la ciudad y permiten observar los mamíferos y aves que habitan el mar.
8	Plazoleta 01	Zona destinada para los niños por la instalación de juego infantil modular sobre pavimento de arena rubia, el cual disminuye el impacto a las caídas. Dispone de escaños alrededor del juego lo que permite que los adultos supervisen a los niños. Es un espacio protegido en desnivel, que se encuentra configurado por un muro de contención, fachada sur de la bentoteca y área verde (árboles y arbustos).
9	Quioscos Turísticos	Son tres quioscos administrados por la Ilustre Municipalidad de Talcahuano, uno de ellos corresponde a informaciones turísticas y los otros dos exponen artesanías locales para su venta.
10	Bentotecas	Conjunto de cuatro restaurantes que ofrecen comidas elaboradas con productos del mar.
11	Plaza Acceso Norte Bentoteca	Gran explanada que reúne diversas actividades comerciales, tales como; stand de jugos naturales, venta de artesanías, arriendo de juegos (taca taca, mini carros). Zona de desplazamiento y permanencia en escaños.
12	Plazoleta 02	Ubicada en el extremo norte del borde costero, esta zona es destinada para los niños por la instalación de juego infantil modular sobre pavimento de arena rubia, el cual disminuye el impacto a las caídas. Dispone de escaños alrededor del juego lo que permite que los adultos supervisen a los niños. Es un espacio en desnivel, que se encuentra configurado por áreas verdes (árboles y arbustos) en el sector suroriente, lo cual genera cierta desconexión con el resto de actividades del borde costero.
13	CENDYR Náutico	Se fundó hace 40 años y realiza actividades deportivas náuticas. Imparte clases de velerismo a niños y jóvenes durante todo el año. Participan y organizan campeonatos de navegación a vela a nivel nacional.
14	Mirador	Sector con visión panorámica de la bahía de Talcahuano, lugar de exposición para actividades náuticas, tales como regatas.

SIMBOLOGÍA	
	Zonas de Descanso

Figura 17. Plano de Zonificación de Usos del Borde Costero La Poza, Comuna de Talcahuano. Escala 1:750. Fuente: Elaboración Propia.

Las siguientes imágenes muestran las diferentes actividades que se generan en cada zona mencionada en el plano de la figura 17:



Figura 18. Imagen de Caleta de Pescadores – Zona N°1. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 19. Imagen de Plaza San Pedro – Zona N°2. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 20. Imagen de Mercado – Zona N°3. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 21. Imagen de Plaza del Mar – Zona N°4. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 22. Imagen de Muelle Mirador – Zona N°5. Fuente: Elaboración Propia



Figura 23. Imagen de Plaza Acceso Principal – Zona N°6. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 24. Imagen de Muelle Turístico – Zona N°7. Fuente: Elaboración Propia.

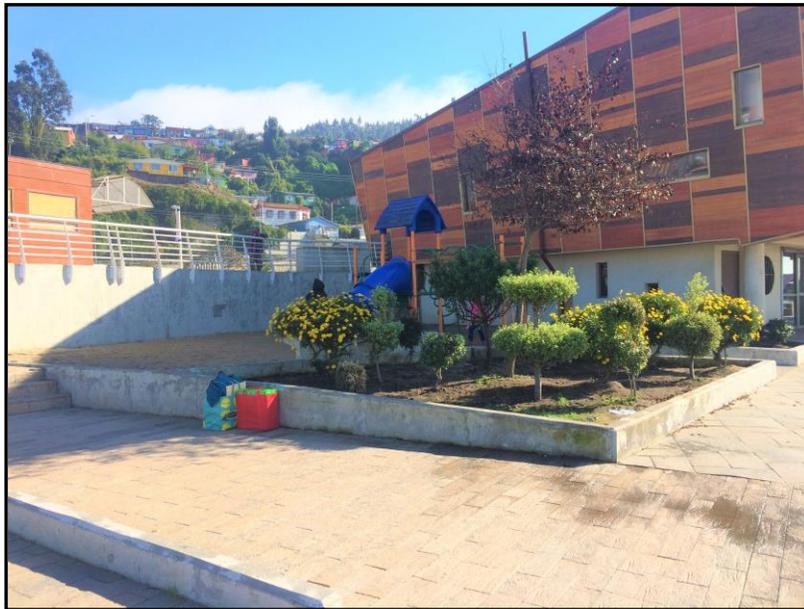


Figura 25. Imagen de Plazoleta 01 – Zona N°8. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 26. Imagen de Quioscos Turísticos – Zona N°9. Fuente: Elaboración Propia.

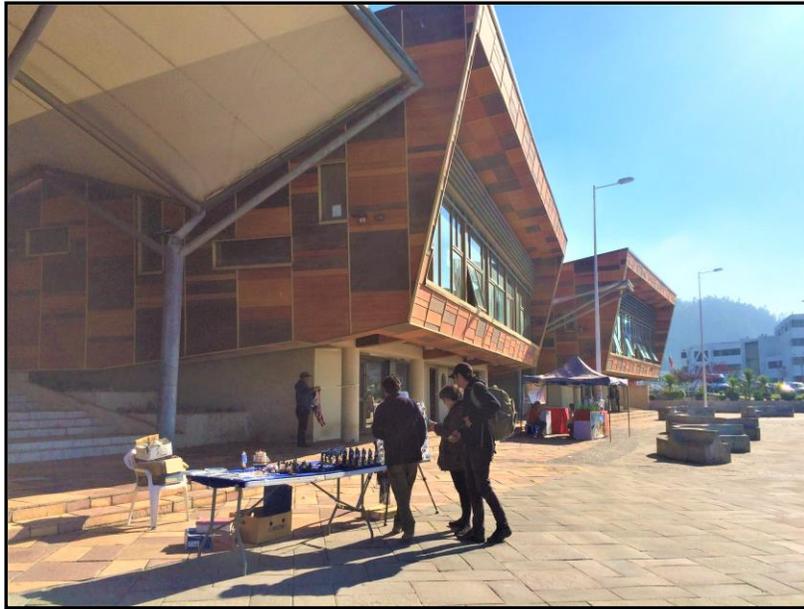


Figura 27. Imagen de Bentotecas – Zona N°10. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 28. Imagen de Plaza Acceso Norte Bentoteca – Zona N°11. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 29. Imagen de Plazoleta – Zona N°12. Fuente: Elaboración Propia.



Figura 30. Imagen de CENDYR Náutico de Talcahuano – Zona N°13. Fuente: Elaboración Propia.

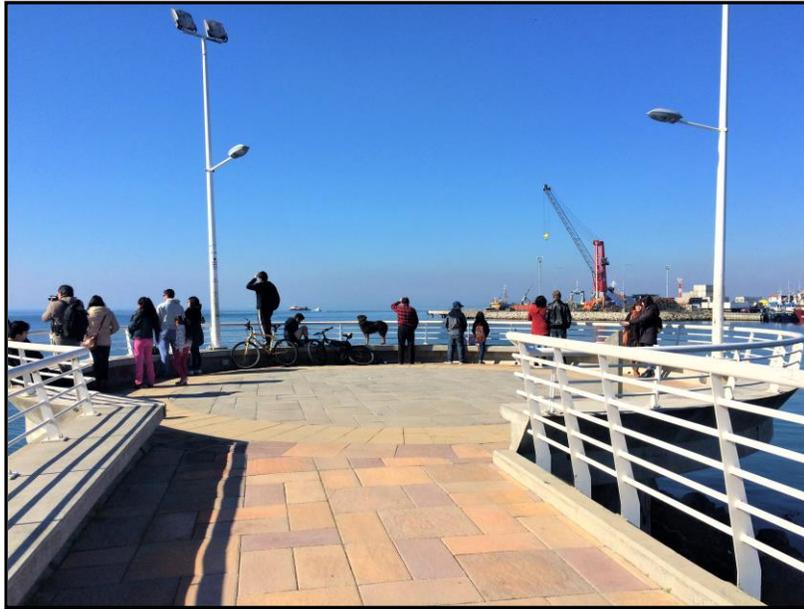


Figura 31. Imagen de Mirador – Zona N°14. Fuente: Elaboración Propia.

4.3 Recolección de Datos

Para el desarrollo del análisis perceptual se recopilieron datos de campo en el borde costero La Poza, que incluyeron encuestas subjetivas de percepción térmica y medición de variables climáticas en 13 puntos del sector durante una sesión que se realizó entre las 12:30 p.m. hasta las 17:30 p.m. El trabajo de campo se ejecutó en la estación de otoño, específicamente el sábado 19 de mayo de 2018. Se selecciona este día por ser un periodo con un clima intermedio para sus ocupantes, no así en las estaciones más extremas de invierno y verano. De esta forma, se puede comprobar la incidencia del clima en el uso del espacio público, ya que es lógico establecer que en la época estival su demanda de uso será mayor.

El día en que se aplicaron las encuestas, se presentó un cielo parcialmente nublado y la temperatura del aire obtuvo una mínima de 8,6°C y una máxima de 15°C, de acuerdo a los datos climáticos entregados por el Centro Meteorológico de Talcahuano de la Armada de Chile.

4.3.1 Aplicación de Encuestas de Sensación Térmica

Para el levantamiento de encuestas, se realizó un recorrido en puntos seleccionados, los cuales fueron determinados por ser los lugares de permanencia con mayor concentración de personas. Se aplicaron 152 encuestas de campo subjetivas en el espacio abierto del borde costero, para tener una muestra representativa estadísticamente y así poder constatar las condiciones de confort al aire libre y evaluar cualitativamente la sensación térmica de sus ocupantes.

El tamaño de la muestra se basa en una población de 250 turistas¹⁰, el cual es un dato estadístico promedio de los turistas que visitan los fines de semana el Museo Monitor Huáscar. Para calcular el tamaño de la muestra, se utilizó un nivel de confianza del 95%, ya que el valor mínimo aceptado para considerar confiable la investigación, y se aplica un margen de error del 5%, el cual es el valor estándar usado en estudios.

El formato de encuesta se basó en el modelo realizado por Cheng (2008), el cual se tradujo al español y busca medir la percepción del confort térmico del ocupante del espacio público de borde costero.

¹⁰ Dato entregado por la administración del Museo Monitor Huáscar, el cual se relaciona a que los visitantes en la mayor parte de los casos incorporan en su recorrido el paseo a La Poza. No existen datos estadísticos del número de personas que visita los fines de semana el borde costero La Poza, de acuerdo a lo informado por la encargada de la Dirección de Cultura y Turismo de la Ilustre Municipalidad de Talcahuano.



EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO DE ESPACIOS PÚBLICOS EN BORDES COSTEROS DE LA REGIÓN DEL BÍO BÍO, ENFOQUE BASADO EN EL CONFORT TÉRMICO DE LOS OCUPANTES

ENCUESTA SUBJETIVA – CONFORT TÉRMICO EN BORDE COSTERO

N° Encuesta:			
Caso Estudio: LA POZA - TALCAHUANO		Fecha:	
Hora:			
DATOS GENERALES			
Género		Femenino	Masculino
Nacionalidad			
Edad			
Vestimenta		Ligera	Normal
Contextura		Pequeña	Grande
Actividad que está realizando		Zona	
ESTADO TÉRMICO PERSONAL			
Sensación Térmica - ¿Cómo se siente respecto del calor y el frío?			
-3 Muy frío	-2 Frio	-1 Ligeramente Frio	0 Bien
1 Cálido	2 Caluroso	3 Muy Caluroso	
Exposición al Sol - ¿Cómo percibe la exposición al sol?			
-1 Falta Sol	0 Bien	1 Exceso de Sol	
Velocidad del Viento - ¿Cómo percibe la velocidad del viento?			
-3 Estancado	-2 Demasiado Quieto	-1 Ligeramente Quieto	0 Bien
1 Ligeramente Ventoso	2 Ventoso	3 Demasiado Ventoso	
Humedad del Aire - ¿Cómo siente la humedad en el aire?			
-1 Demasiado Húmedo	0 Bien	1 Demasiado Seco	
Humedad de la Piel - ¿Cómo siente su piel con respecto a la humedad?			
-3 Gotas de Sudor	-2 Húmeda	-1 Ligeramente Húmeda	0 Bien
1 Ligeramente Seca	2 Seca	3 Muy Seca	
Confort General (de acuerdo a la actividad que está realizando)			
-1 Muy Inconfortable	0 Confortable	1 Muy Confortable	
MEDICION VARIABLES CLIMATICAS			
Temperatura del Aire (°C)	Velocidad del Viento (m/s)	Humedad Relativa (%)	

Figura 32. Encuesta Subjetiva – Confort Térmico en Borde Costero¹¹. Fuente: Cheng (2008), modificada por elaboración propia.

Las encuestas se aplicaron a personas seleccionadas al azar que recorrían el espacio del borde costero y/o permanecían en las zonas de descansos. Esta actividad fue desarrollada por un equipo técnico de dos personas y se realizó con la participación directa de los usuarios entrevistados, a través de sus respuestas a la encuesta aplicada, la cual se dividió en tres partes. La primera considera los datos

¹¹ La encuesta determina los siguientes valores:

- Valor cero, indica confort.
- Para los casos de sensación térmica, velocidad del viento y humedad de la piel, los valores -3 y +3 indican disconfort. Los resultados entre 0 y 2 son valores intermedios.
- Con valores menores a -1 y mayores a +1 se determina que la persona se encuentra en estado de disconfort.

generales de la persona consultada, tales como género, nacionalidad, edad, tipo de vestimenta, contextura física, actividad y zona del borde costero en la que se encuentra. La segunda contempla el estado térmico personal del entrevistado, en el cual influyen aspectos de su adaptación física y psicológica, cómo percibe la sensación térmica, en una escala de 7 puntos, desde muy frío (-3) a muy caluroso (+3), cómo percibe la exposición al sol, en una escala de 3 puntos, desde falta sol (-1) a exceso de sol (+1), cómo percibe la velocidad del viento, en una escala de 7 puntos, desde estancado (-3) a demasiado ventoso (3), cómo siente la humedad en el aire, en una escala de 3 puntos, desde demasiado húmedo (-1) a demasiado seco (+1), cómo siente su piel respecto a la humedad, en una escala de 7 puntos, desde gotas de sudor (-3) a muy seca (3) y cómo define su confort general de acuerdo a la actividad que está realizando, en una escala de 3 puntos, desde muy inconfortable (-1) a muy confortable (+1). La tercera parte de la entrevista incorpora los datos obtenidos en terreno de las mediciones de las variables climáticas, tales como temperatura del aire, velocidad del viento y humedad relativa.

Se elaboró una hoja de cálculo en el programa Microsoft Excel, para reunir los datos obtenidos de las encuestas y así poder realizar un análisis estadístico. Con la recopilación de datos se puede determinar lo siguiente:

Los sujetos de estudio fueron un 51% mujeres y un 49% hombres. Un 96% de los entrevistados era de nacionalidad chilena, un 3% venezolana y 1% ecuatoriana. El rango de edad de la población encuestada varió entre los 12 y 74 años y el grupo de edad predominante fue de 31 a 40 años (36%). La mayor cantidad de los individuos llevaba una vestimenta adecuada para la época del año (84%). Un 68% de los entrevistados se caracterizó por ser de contextura física mediana, el 28% por una contextura pequeña y el 4% por una contextura grande. La mayor parte de las personas eran turistas (69%), un 18% eran visitantes, es decir, habitantes de la comuna de Talcahuano y un 13% se encontraba trabajando en el sector.

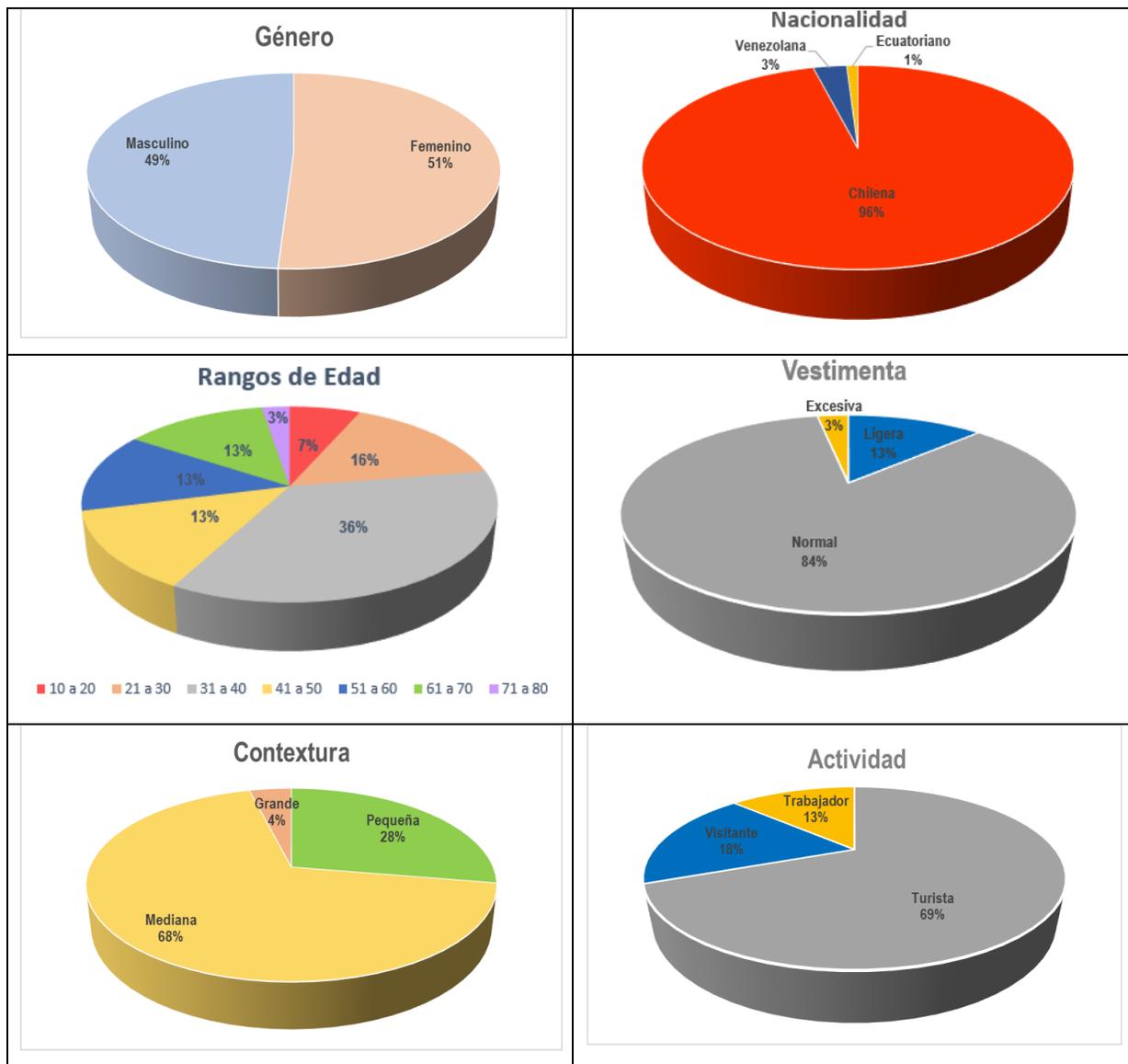


Figura 33. Gráficos Datos Encuesta. Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2 Mediciones de Variables Climáticas

El continuo crecimiento urbano y poblacional de las zonas costeras hace necesario el conocimiento de sus características bioclimáticas. De este modo, se logra una mejor planificación de los recursos y las actividades, además de asegurar el bienestar de la población. Los parámetros meteorológicos más importantes para el sentir climático del hombre son: temperatura, humedad y viento (Huamantínco & Piccolo, 2010).

En la tercera parte de la estructura de la encuesta aplicada, se indican los siguientes datos atmosféricos que se midieron simultáneamente en los 13 puntos donde se realizaron las entrevistas:

- Temperatura de ambiente (unidad: grados celsius).
- Velocidad del viento (unidad: metro por segundo).
- Humedad relativa (unidad: porcentaje).

Estas mediciones climáticas fueron tomadas cada 15 minutos aproximadamente, de acuerdo al tiempo de cada encuesta realizada. Los instrumentos se situaron a una altura de 1,10 metros desde el nivel del suelo, en cambio, la estación meteorológica está a la altura de 3 metros, lo cual puede generar variaciones por los distintos obstáculos (edificios, vegetación) en cada situación.

Se utilizó el instrumento digital marca UNI-T modelo UT333, llamado Higrotermógrafo, el cual mide simultáneamente la temperatura del aire y humedad relativa. El UT333 adopta la tecnología de módulo de detección de humedad de alta precisión para muestrear, procesar datos y mostrar los resultados en la pantalla LCD. Usa un módulo de detección calibrado que reduce el sesgo y aumenta la precisión (www.uni-trend.com).



Figura 34. Higrotermógrafo UNI-T, modelo UT333. Fuente: www.uni-trend.com.

Para medir la velocidad del viento, se utilizó el instrumento digital marca UNI-T modelo UT363, llamado anemómetro el cual es un comprobador de velocidad del viento y temperatura del viento. Este dispositivo liviano está equipado con la última tecnología de detección magnética que puede mostrar directamente la velocidad del flujo de aire en la pantalla LCD (www.uni-trend.com).



Figura 35. Anemómetro UNI-T, modelo UT363. Fuente: www.uni-trend.com.

A continuación se muestra una tabla resumen con la información de los instrumentos de medida utilizados:

Variable Climática	Instrumento de Medida	País de Fabricación	Precisión
Temperatura de Aire	Higrotermógrafo (UNI-T/UT333)	China	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}/\pm 2.0^{\circ}\text{F}$
Humedad Relativa	Higrotermógrafo (UNI-T/UT333)	China	$\pm 5\% \text{RH}$
Velocidad del Viento	Anemómetro (UNI-T/UT363)	China	$\pm (5\% \text{rdg} + 0.5)$

Tabla 5. Variables Climáticas e Instrumentos de Medición. Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a los datos obtenidos por los instrumentos de medición, se determinan los valores mínimos y máximos de cada variable, según lo indicado en la siguiente tabla:

Variable Climática	Mínima	Media	Máxima
Temperatura del Aire ($^{\circ}\text{C}$)	14,50	17,70	20,90
Humedad Relativa (%)	52,7	-	72,10
Velocidad del Viento (m/s)	0	-	3,5

Tabla 6. Mínimas y Máximas de Mediciones de Variables Climáticas. Fuente: Elaboración Propia.

Las variables de temperatura del aire y humedad relativa, presentan una disminución y aumento de sus valores, respectivamente, a medida que se acerca la tarde, en cambio, la velocidad del viento varía su valor, según la ubicación del recinto, ya que depende del entorno que la rodee.

4.4 Simulación Térmica

Para complementar el estudio perceptual y así concretar el mapa de confort térmico es necesario desarrollar un análisis solar de la zona del borde costero La Poza, para llevar a cabo este resultado se requiere primero modelar tridimensionalmente el espacio para luego realizar el análisis de radiación solar en el programa computacional ArcGis.

4.4.1 Modelación Tridimensional del Borde Costero La Poza

Para dar inicio al análisis solar es necesario desarrollar un modelo vectorial que demuestra las dimensiones reales del espacio a estudiar. Se utilizó como base la planimetría del proyecto entregada por la Dirección de Obras Portuarias (DOP) de la Región del Bío Bío, para luego levantar el modelo 3D del espacio La Poza, a través del programa computacional Archicad 19, indicando las alturas correspondientes.



Figura 36. Modelo 3D del Borde Costero La Poza, desarrollado en software Archicad.
Fuente: Elaboración propia.

4.4.2 Análisis Solar

Para el análisis solar se solicitó colaboración al analista SIG, Sr. Juan Espinoza Cid del Laboratorio de Estudios Urbanos (LEU) de la Universidad del Bío Bío, quien guía el desarrollo del análisis de asoleamiento del paño urbano del borde costero La Poza, a través del programa computacional

ArcGis Versión 10.2. Se seleccionó este programa por contemplar la utilidad de análisis de radiación solar, lo que permite conocer la incidencia del sol y su comportamiento en el terreno.

Para iniciar el estudio solar, se entregó al analista SIG el modelo vectorial 3D en formato DXF. Posterior a esto, se utilizó el sistema de información geográfica Qgis, para georeferenciar la ubicación del sector a analizar e indicar las alturas de las edificaciones más cercanas al borde costero.

Es necesario para el uso de ArcGis contar con un ráster MDT (modelo digital de terreno), que corresponde a un DEM¹². Un DEM, es uno de los sistemas de información geográfica (SIG) más comunes, es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al mar. Se incorpora al análisis la topografía del terreno y los objetos presentes, tales como, cerros, edificaciones, vegetación, entre otros.

Se realizaron dos pruebas de análisis solar anual para el borde costero La Poza, año 2019, en la cual primero se aplicó un recorte de un área de estudio mayor como base de dimensiones 7,36 Km. x 4,81 Km., incluyendo el Cerro Buena Vista para visualizar su influencia en el sector sin las edificaciones cercanas para ver sólo el comportamiento de la explanada La Poza, el ráster utilizado fue de 1x1 metro, lo cual corresponde a la resolución de los mismos, dando como resultado 35.401.600 pixeles. Además, se generó un recorte más pequeño de dimensiones 793x654 metros, desarrollando un ráster de 25x25 centímetros, de igual resolución, el cual considera específicamente el borde costero y las alturas de las edificaciones de ese sector.

La herramienta utilizada para el análisis solar en ArcGis fue la del área de radiación solar, utilizando la modalidad de análisis de todo el año y en un día específico que fue el 19 de Mayo de 2018, día en el cual se aplicaron las encuestas de percepción térmica.

¹² DEM: del inglés Digital Elevation Model, o MDE, del español Modelo Digital de Elevación. Publicado en Informe N°1 de Análisis Solar Concepción, Proyecto CON*FIN Conicyt AKA ERNC 007, elaborado por el Laboratorio de Estudios Urbanos (LEU) de la Universidad del Bío Bío, año 2015.

5. RESULTADOS

5.1 Resultados Perceptuales – Encuestas Subjetivas

Se evaluaron 152 encuestas subjetivas de percepción térmica distribuidas en 13 espacios exteriores del borde costero La Poza, los cuales se mencionan a continuación:

1. Plaza San Pedro.
2. Plaza del Mar.
3. Bajo Muelle Mirador.
4. Muelle Mirador.
5. Plaza Acceso Principal.
6. Borde Plaza Acceso Principal.
7. Muelle Turístico.
8. Plazoleta 01.
9. Plaza Acceso Norte.
10. Borde Plaza Acceso Norte.
11. Plazoleta 02.
12. Plaza Acceso Norte – CENDYR.
13. Mirador.

Dentro de los resultados perceptuales se analizaron los valores a nivel global, no especificando cada caso particular. De acuerdo al estado térmico de los entrevistados, se puede determinar lo siguiente:

- Para el caso de la sensación térmica, en la cual se consultó a los ocupantes cómo se sentían respecto del calor y el frío, el 32,90% manifestó estar bien, en comparación al 67,10% que señaló sentir algún grado de frío (12,50% muy frío, 32,90% frío y 21,71% ligeramente frío). Dentro de estos valores se puede diferenciar que el 74% de las mujeres entrevistadas siente algún grado de frío y el 26% indicó estar bien. En cambio, el 60% de los hombres entrevistados siente algún grado de frío y el 40% indicó estar bien. El rango de edad con mayor sensación de bienestar es el de 31 a 40 años.

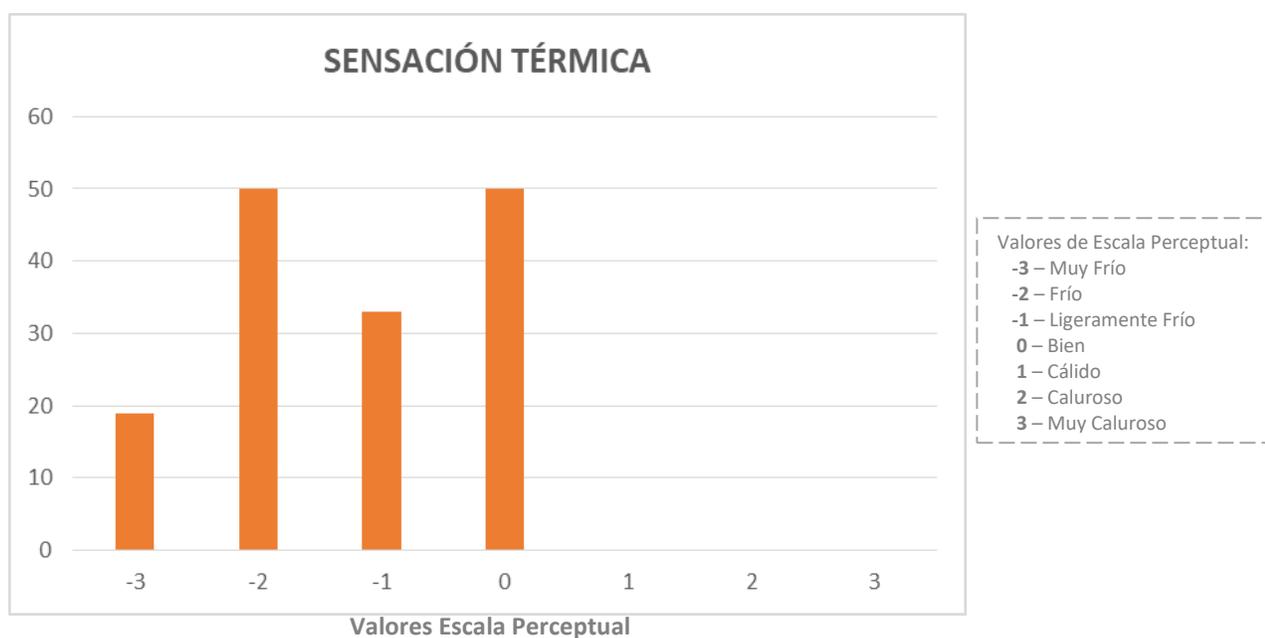


Figura 37. Gráfico que indica la sensación térmica de las personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia.

- Para el análisis del sol, en el cual se consultó a los usuarios entrevistados cómo percibían la exposición al sol, el 52,6% señaló estar bien para la época del año y el 47,4% indicó que falta sol. Dentro de estos valores se puede diferenciar que el 50,69% de las mujeres entrevistadas percibe la falta de sol y el 49,40% indicó estar bien. En cambio, el 44% de los hombres entrevistados percibe la falta de sol y el 56% indicó estar bien. El rango de edad con mayor bienestar con respecto a la exposición del sol es el de 31 a 40 años.

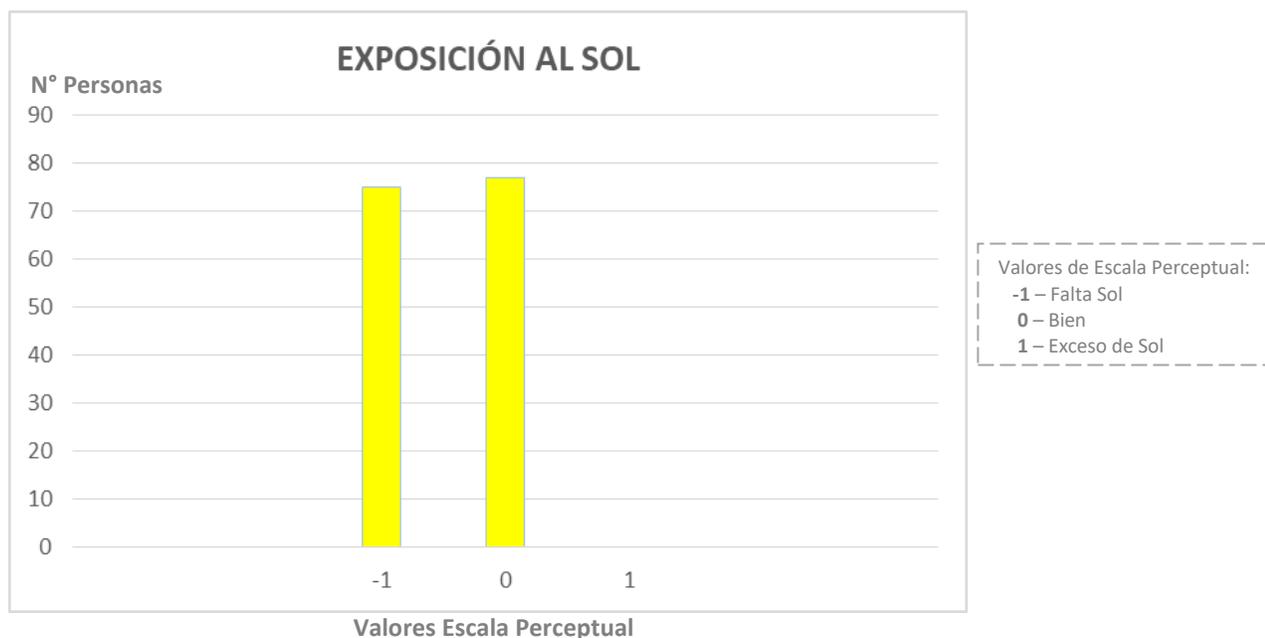


Figura 38. Gráfico que indica la percepción a la exposición al sol de las personas encuestadas.
 Fuente: Elaboración propia.

- Al evaluar la percepción de los ocupantes con respecto a la velocidad del viento, se indica que el 65,79% señala que lo percibe ventoso, el 23,68% dice estar bien con la velocidad del viento y el 10,53% manifiesta que está quieto.

Se distingue mayor velocidad del viento en los espacios en altura, como es el caso del muelle mirador y en los espacios más expuestos perimetralmente, tales como el mirador y plaza de acceso norte, en ambas zonas existe una mayor distancia hacia las edificaciones que pueden obstaculizar el paso del viento.

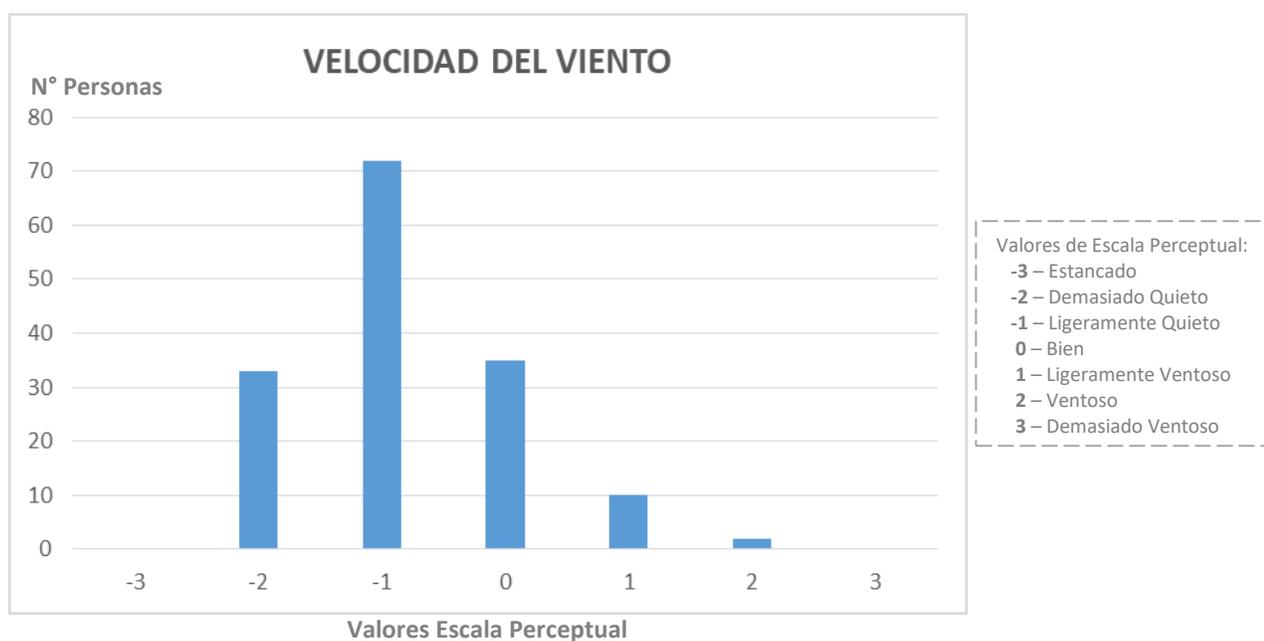


Figura 39. Gráfico que indica la percepción a la velocidad del viento de las personas encuestadas.
 Fuente: Elaboración propia.

- Para la evaluación de la sensación de humedad en el aire, el 69,70% manifestó sentirse bien con la humedad ambiental, el 29,6% señaló que el aire se encontraba demasiado húmedo y sólo una persona indicó que se percibía demasiado seco.

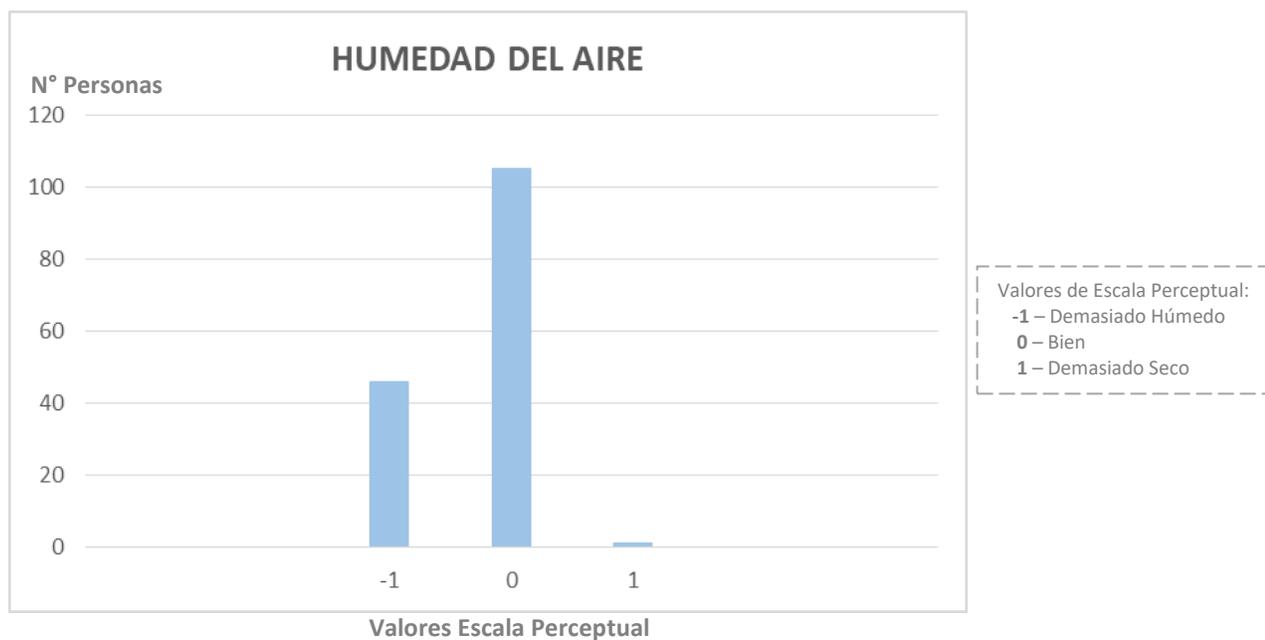


Figura 40. Gráfico que indica la percepción a la humedad al aire de las personas encuestadas.
Fuente: Elaboración propia.

- Con respecto a la humedad de la piel, los ocupantes manifestaron que el 52,63% se sentía bien con la humedad, el 31,58% señaló sentir su piel más seca y el 15,79% indicó sentir su piel más húmeda. En general, las personas encuestadas les dificultó identificar los cambios en los niveles de humedad relativa, es difícil de percibir, a no ser que sea muy evidente. Al atardecer existe mayor humedad en el ambiente, lo que se reflejó en las medidas tomadas con el higrotermógrafo y en las respuestas de los usuarios.

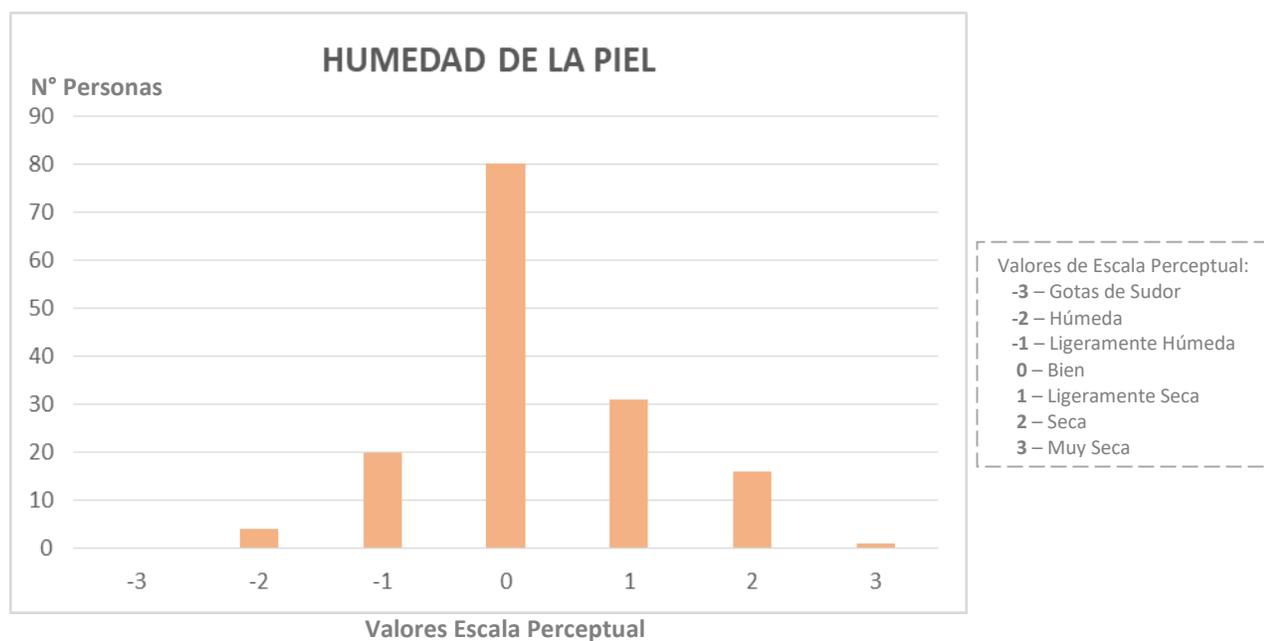


Figura 41. Gráfico que indica la percepción a la humedad de la piel de las personas encuestadas.
 Fuente: Elaboración propia.

- La última consulta que considera la encuesta de percepción térmica, es respecto a la sensación de confort general, de acuerdo a la actividad que esté realizando el ocupante, donde el 69% de la población encuestada señaló estar ejerciendo una actividad recreativa como turistas. El 70,40% manifestó sentirse muy inconfortable, el 28,30% en estado confortable y sólo el 1,3% muy confortable. Dentro de estos valores se puede diferenciar que el 75,30% de las mujeres entrevistadas se siente muy inconfortable y el 24,70% indicó estar confortable. En cambio, el 67,60% de los hombres entrevistados se siente muy inconfortable y el 32,40% indicó estar confortable.

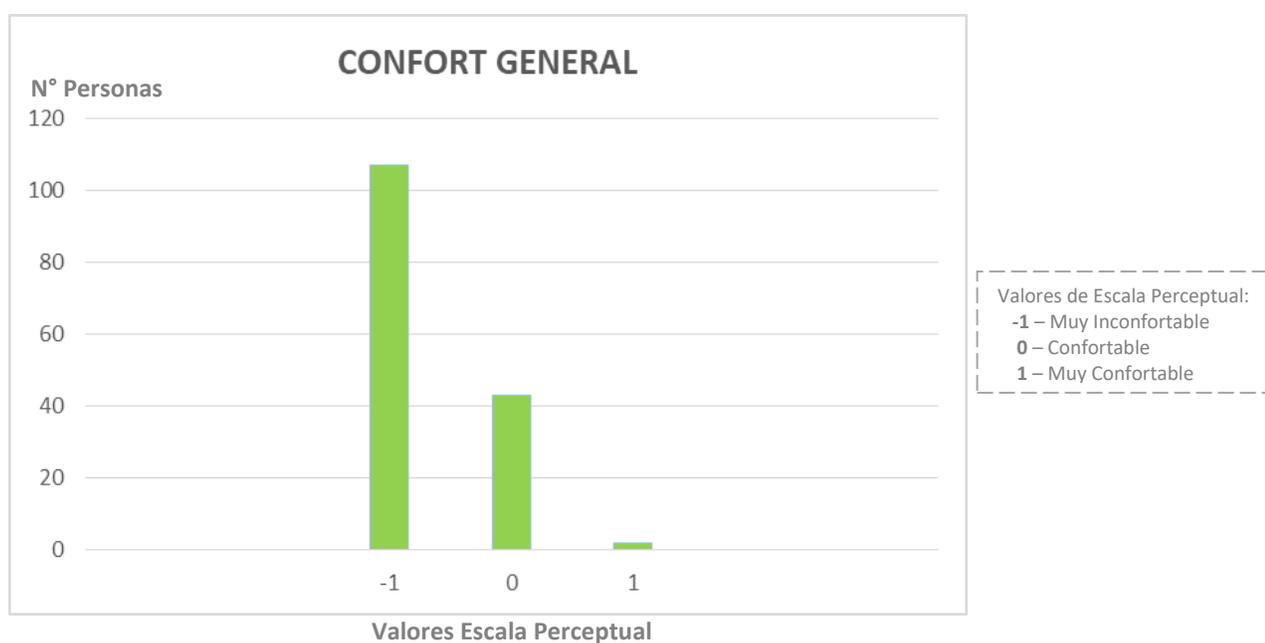
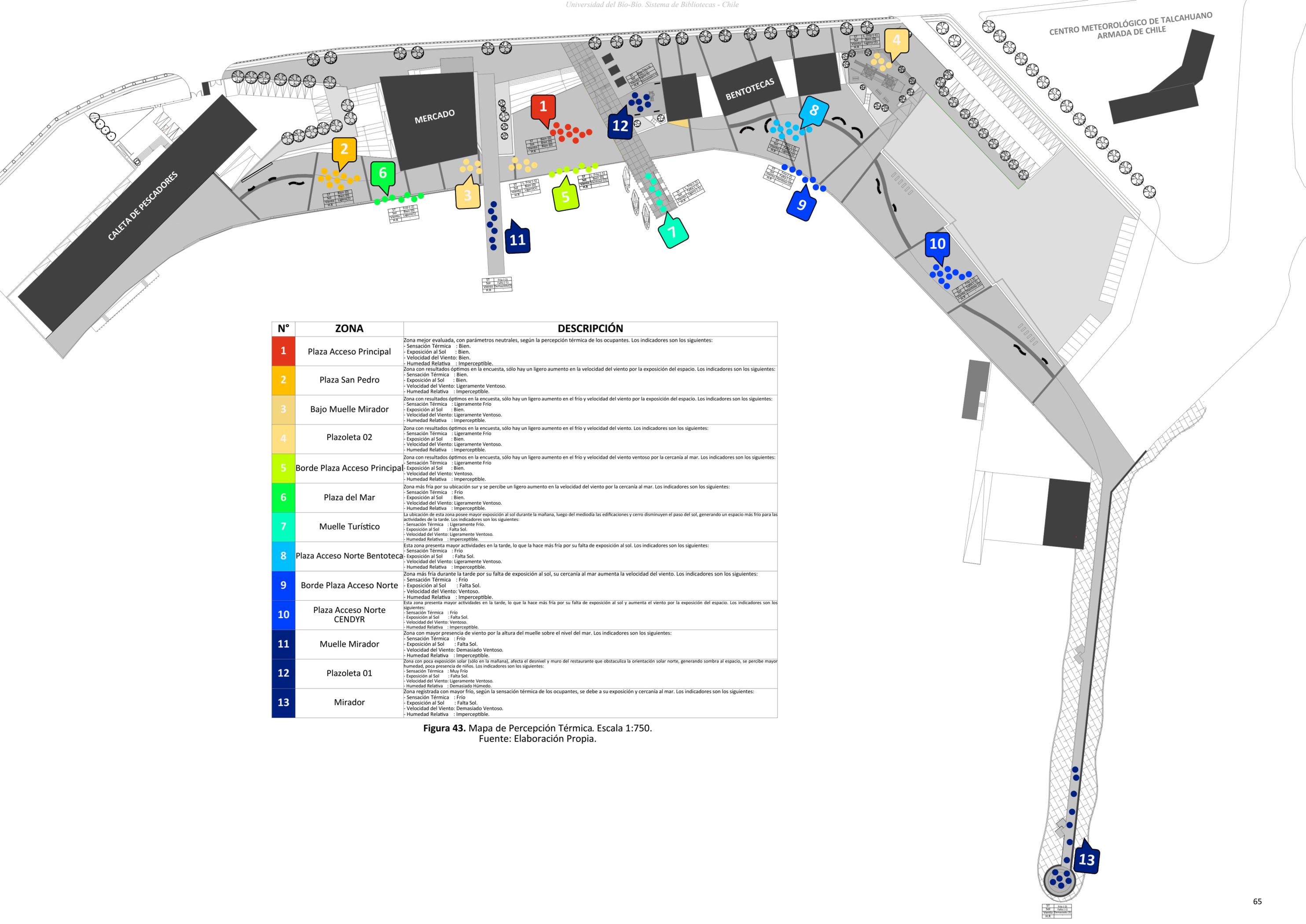


Figura 42. Gráfico que indica la percepción de confort en general de las personas encuestadas.
 Fuente: Elaboración propia.

5.1.1 Mapa de Percepción Térmica

A continuación, se presenta el mapa de percepción térmica elaborado en el programa computacional Archicad, con la descripción de cada zona evaluada en las encuestas subjetivas, en orden de acuerdo desde la zona más confortable a la menos confortable térmicamente.



N°	ZONA	DESCRIPCIÓN
1	Plaza Acceso Principal	Zona mejor evaluada, con parámetros neutrales, según la percepción térmica de los ocupantes. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Bien. - Exposición al Sol : Bien. - Velocidad del Viento: Bien. - Humedad Relativa : Imperceptible.
2	Plaza San Pedro	Zona con resultados óptimos en la encuesta, sólo hay un ligero aumento en la velocidad del viento por la exposición del espacio. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Bien. - Exposición al Sol : Bien. - Velocidad del Viento: Ligeramente Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
3	Bajo Muelle Mirador	Zona con resultados óptimos en la encuesta, sólo hay un ligero aumento en el frío y velocidad del viento por la exposición del espacio. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Ligeramente Frío. - Exposición al Sol : Bien. - Velocidad del Viento: Ligeramente Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
4	Plazoleta 02	Zona con resultados óptimos en la encuesta, sólo hay un ligero aumento en el frío y velocidad del viento. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Ligeramente Frío. - Exposición al Sol : Bien. - Velocidad del Viento: Ligeramente Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
5	Borde Plaza Acceso Principal	Zona con resultados óptimos en la encuesta, sólo hay un ligero aumento en el frío y velocidad del viento ventoso por la cercanía al mar. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Ligeramente Frío. - Exposición al Sol : Bien. - Velocidad del Viento: Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
6	Plaza del Mar	Zona más fría por su ubicación sur y se percibe un ligero aumento en la velocidad del viento por la cercanía al mar. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Frío. - Exposición al Sol : Bien. - Velocidad del Viento: Ligeramente Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
7	Muelle Turístico	La ubicación de esta zona posee mayor exposición al sol durante la mañana, luego del mediodía las edificaciones y cerro disminuyen el paso del sol, generando un espacio más frío para las actividades de la tarde. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Ligeramente Frío. - Exposición al Sol : Falta Sol. - Velocidad del Viento: Ligeramente Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
8	Plaza Acceso Norte Bentoteca	Esta zona presenta mayor actividades en la tarde, lo que la hace más fría por su falta de exposición al sol. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Frío. - Exposición al Sol : Falta Sol. - Velocidad del Viento: Ligeramente Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
9	Borde Plaza Acceso Norte	Zona más fría durante la tarde por su falta de exposición al sol, su cercanía al mar aumenta la velocidad del viento. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Frío. - Exposición al Sol : Falta Sol. - Velocidad del Viento: Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
10	Plaza Acceso Norte CENDYR	Esta zona presenta mayor actividades en la tarde, lo que la hace más fría por su falta de exposición al sol y aumenta el viento por la exposición del espacio. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Frío. - Exposición al Sol : Falta Sol. - Velocidad del Viento: Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
11	Muelle Mirador	Zona con mayor presencia de viento por la altura del muelle sobre el nivel del mar. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Frío. - Exposición al Sol : Falta Sol. - Velocidad del Viento: Demasiado Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.
12	Plazoleta 01	Zona con poca exposición solar (sólo en la mañana), afecta el desnivel y muro del restaurante que obstaculiza la orientación solar norte, generando sombra al espacio, se percibe mayor humedad, poca presencia de niños. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Muy Frío. - Exposición al Sol : Falta Sol. - Velocidad del Viento: Ligeramente Ventoso. - Humedad Relativa : Demasiado Húmedo.
13	Mirador	Zona registrada con mayor frío, según la sensación térmica de los ocupantes, se debe a su exposición y cercanía al mar. Los indicadores son los siguientes: - Sensación Térmica : Frío. - Exposición al Sol : Falta Sol. - Velocidad del Viento: Demasiado Ventoso. - Humedad Relativa : Imperceptible.

Figura 43. Mapa de Percepción Térmica. Escala 1:750. Fuente: Elaboración Propia.

5.2 Resultados Simulación

A través de la simulación de área de radiación solar en el programa computacional ArcGis (versión 10.2) se obtuvieron los siguientes resultados:

- a) En la figura 44 se visualiza el ráster base utilizado con un dem de 1x1m (o 1x1 pixel), el cual abarca una mayor cobertura del sector, considerando sólo información del terreno y topografía, el cual incorpora el Cerro Buenavista para demostrar su incidencia en el asoleamiento del borde costero La Poza.

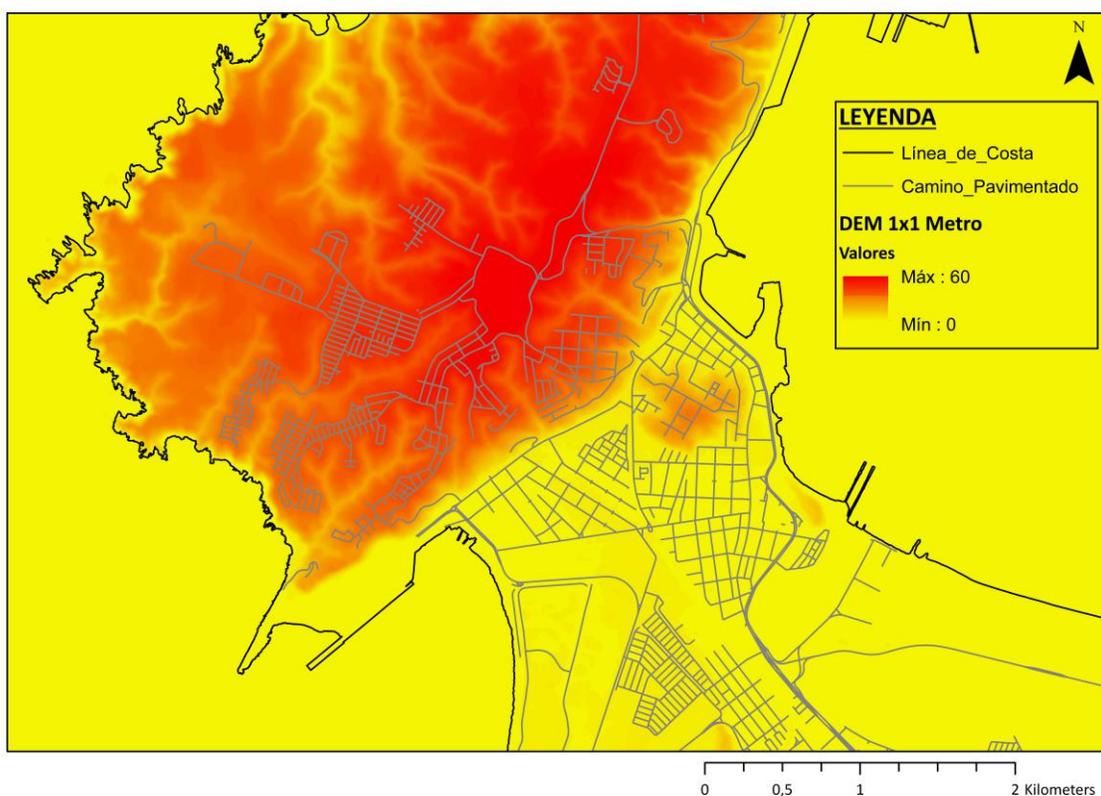


Figura 44. Ráster con DEM de 1x1m. Contiene información del terreno y topografía.
Fuente: Elaborado por Analista SIG Sr. Juan Espinoza – Laboratorio de Estudios Urbanos UBB.

- b) En la figura 45 se observa el resultado del primer análisis de radiación solar aplicado al dem de 1x1m., correspondiente al periodo del año 2019. Contiene el valor de la radiación para cada pixel del área evaluada, se determina en rangos, asignándoles un color. La explanada del borde costero considera un promedio de radiación solar de 539.750 WH/m².

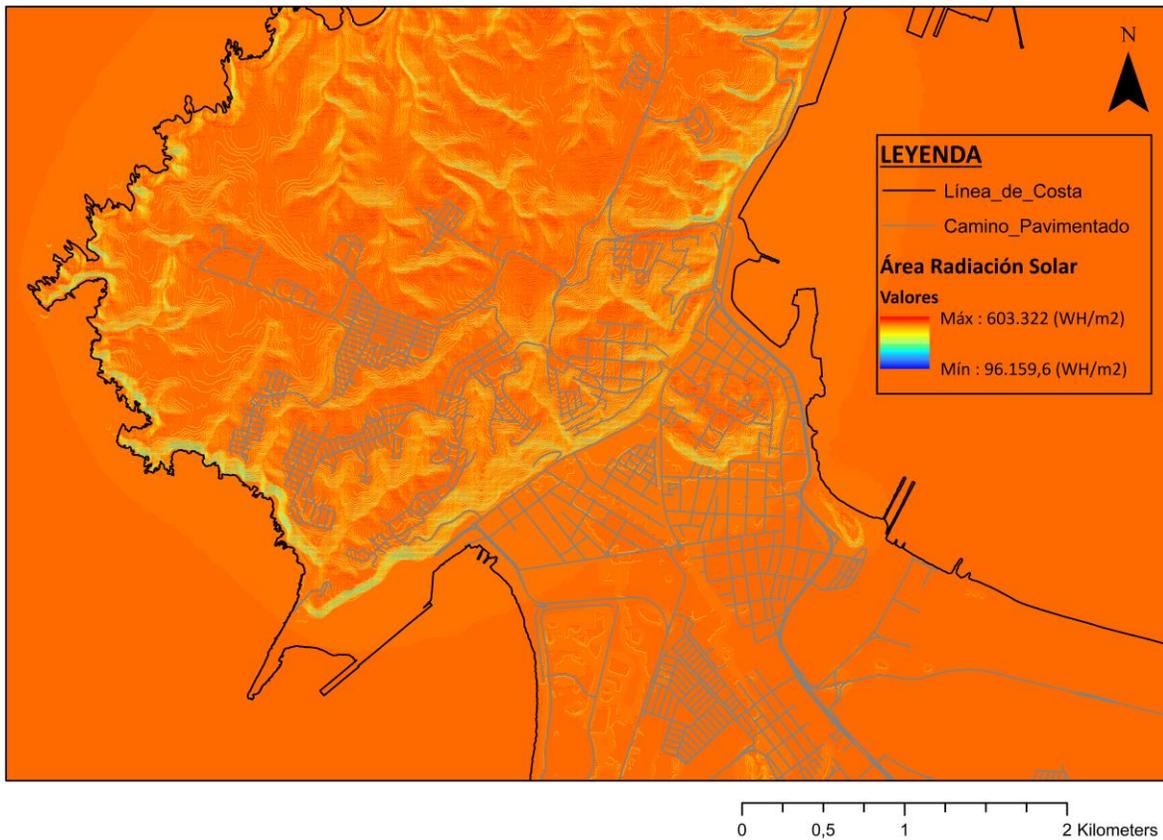


Figura 45. Ráster DEM 1x1m. de Área de Radiación Solar Global Anual, Periodo 2019.
Fuente: Elaboración Propia.

- c) La figura 46 muestra el ráster de menor dimensión con un dem de 25x25cm. Este recorte incorpora la altura de las edificaciones más cercanas de La Poza (Caleta de Pescadores, Mercado, Bentotecas, Cendyr Náutico y Edificio Armada de Chile). Esta imagen incluye el entorno inmediato que afecta al sector.

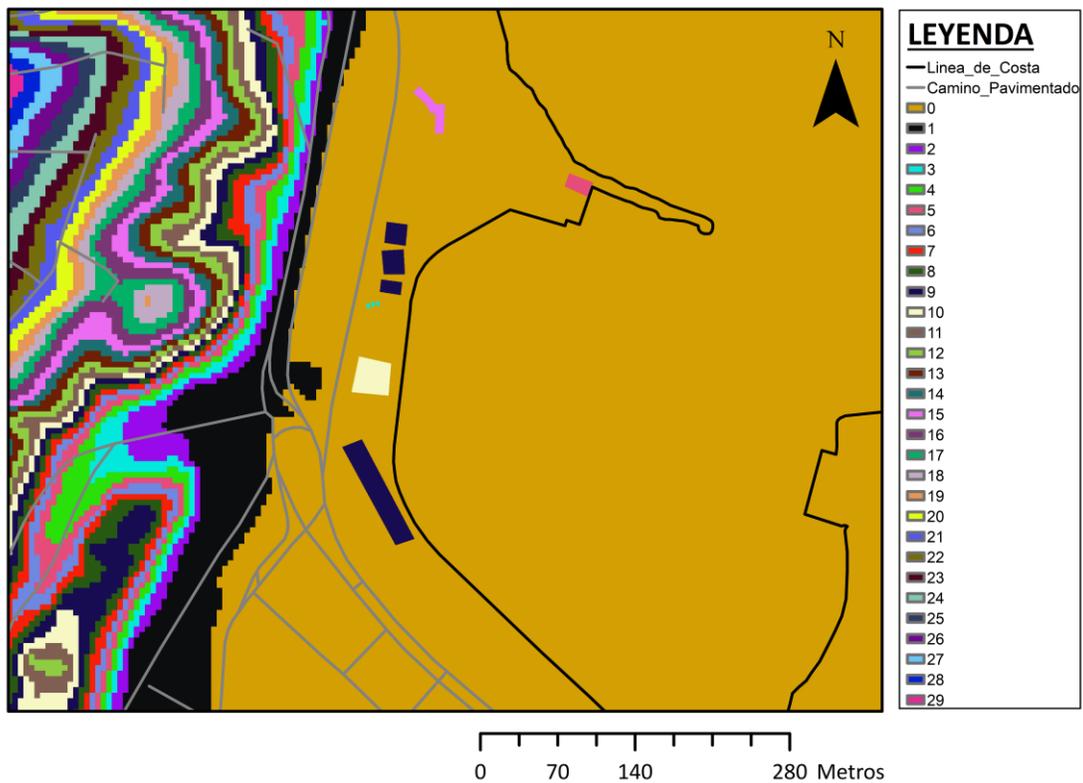


Figura 46. Ráster con DEM de 0,25x0,25m. Considera las edificaciones cercanas que afectan al sector.
 Fuente: Elaborado por Analista SIG Sr. Juan Espinoza – Laboratorio de Estudios Urbanos UBB.

- d) La figura 47 indica el segundo resultado de análisis de radiación solar, esta vez aplicado al dem de 0,25x0,25m., correspondiente al periodo del año 2019. El valor de radiación solar global indicado para las zonas que rodean las edificaciones del borde costero, es de 970.000 WH/m² en promedio, en cambio las zonas de la explanada consideran una radiación mayor de 1.270.000 WH/m² en promedio.

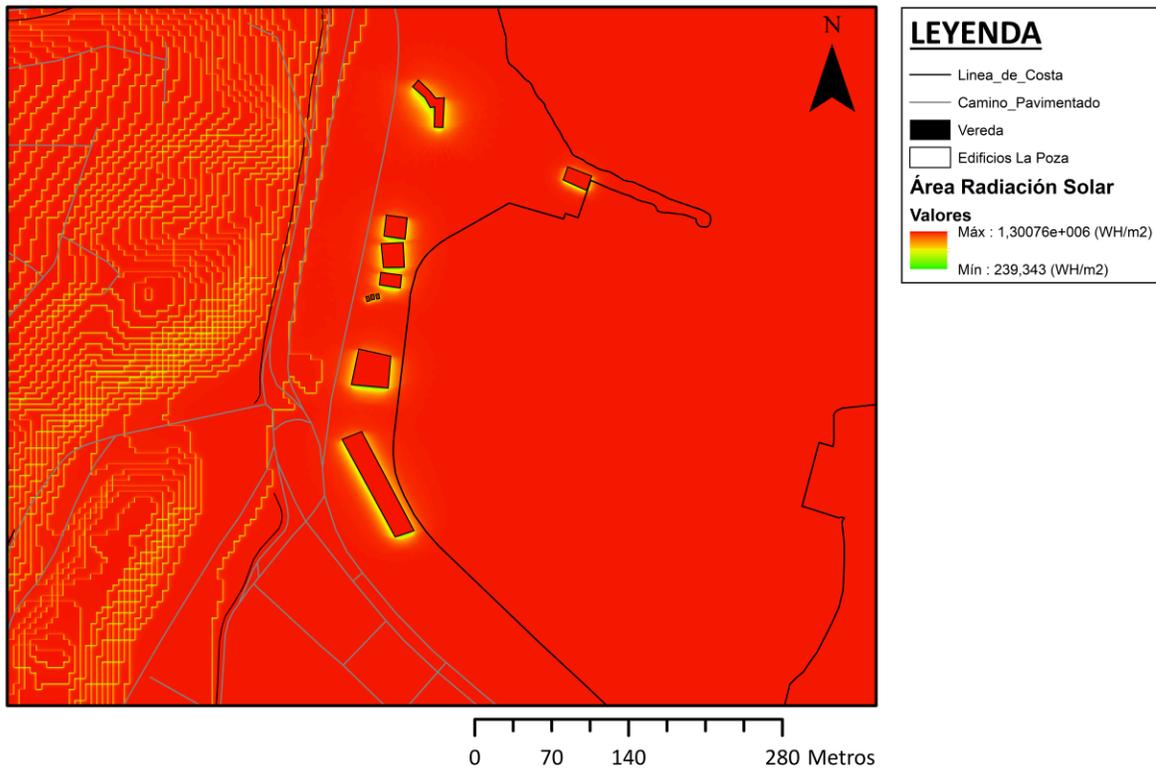


Figura 47. Ráster DEM 0,25x0,25m. de Área de Radiación Solar Global Anual, Periodo 2019.
Fuente: Elaboración Propia.

5.2.1 Mapa de Sol y Sombra

Se desarrolla el mapa de sol y sombra en el programa ArcGis, indicado en la figura 48, el cual fue evaluado para la fecha 19 de mayo del 2018, día en el cual se realizaron las entrevistas de percepción térmica. El sector analizado considera una radiación mínima de 0,3278 WH/m² y una máxima de 2.237,95 WH/m². En promedio en las zonas de espacios abiertos de la explanada (plazas y mirador) la exposición al sol genera una radiación solar de 1.435 WH/m², llegando a un mínimo de 350 WH/m² en la sombra sur proyectada por las edificaciones.

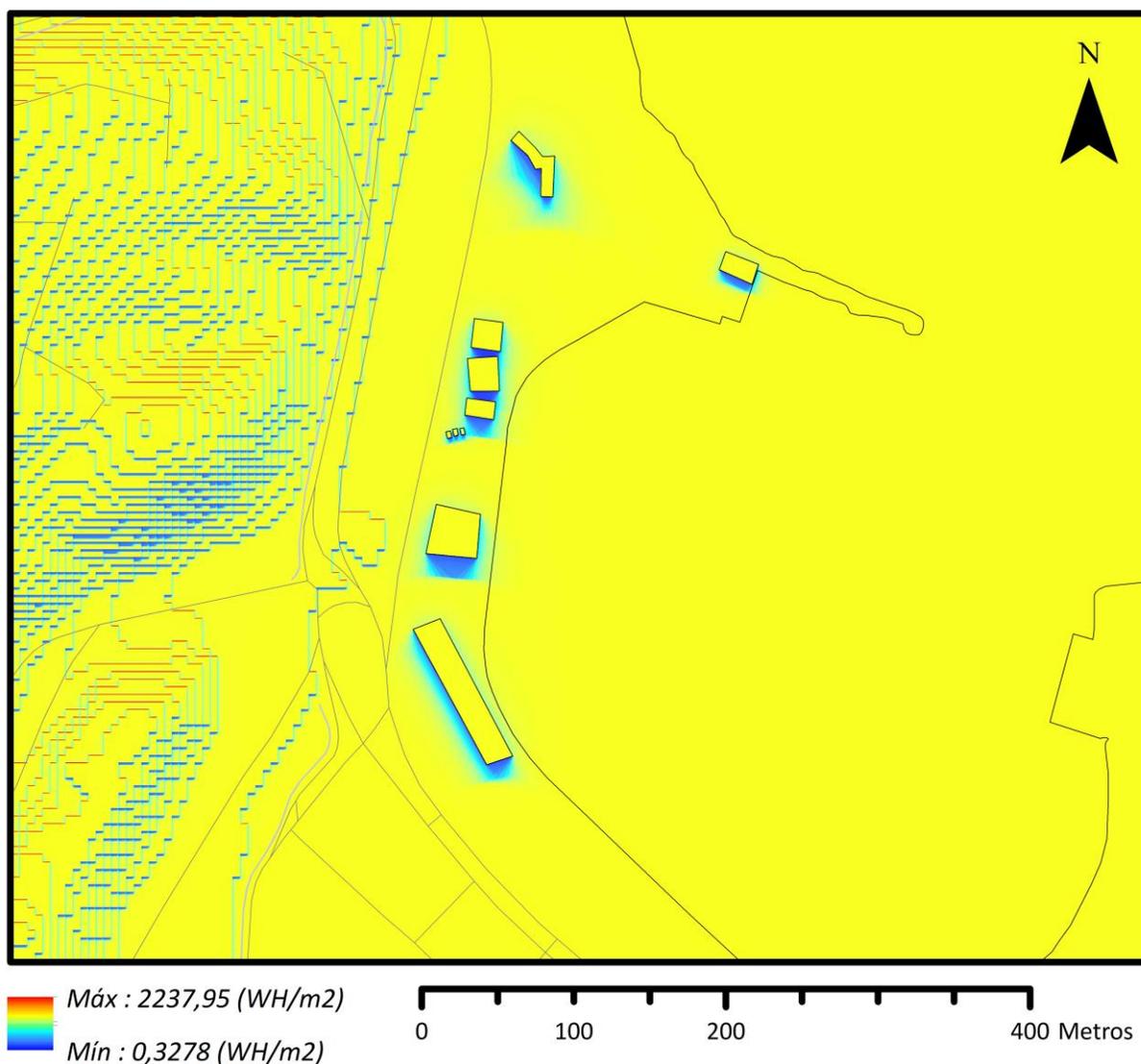


Figura 48. Mapa de Sol y Sombra Borde Costero La Poza.
Fuente: Elaboración Propia.

5.3 Interpretación de Correlación de Mapas

Se correlacionan los mapas de percepción térmica y de sol y sombra, verificándose que la zona central del borde costero es la más afectada por la variable climática de radiación solar y temperatura del aire, según lo que indica la figura 49.

La sombra que generan los edificios de La Poza, afectan el uso en las siguientes zonas:

- Plaza del Mar, zona de permanencia ubicada al oriente del edificio del mercado, con una radiación solar de 880 WH/m² en promedio. La sensación térmica de los ocupantes señaló que es una zona más fría en la cual se hace más perceptible el viento.
- Plazoleta 01, zona de juegos infantiles ubicada al sur de restaurante, con una radiación solar de 350 WH/m² en promedio. La sensación térmica de los ocupantes señaló que es una zona muy fría con presencia de humedad alta y poca exposición solar (sólo en la mañana), lo que genera que exista poco uso del espacio.
- Plaza Acceso Norte Bentotecas, zona de permanencia ubicada al oriente de las bentotecas, parte de ésta se ve afectada por la sombra del lugar, con una radiación solar de 860 WH/m² en promedio. La sensación térmica de los ocupantes señaló que es una zona más fría con presencia de viento y menor exposición solar en las tardes, momento en que se desarrollan más actividades.

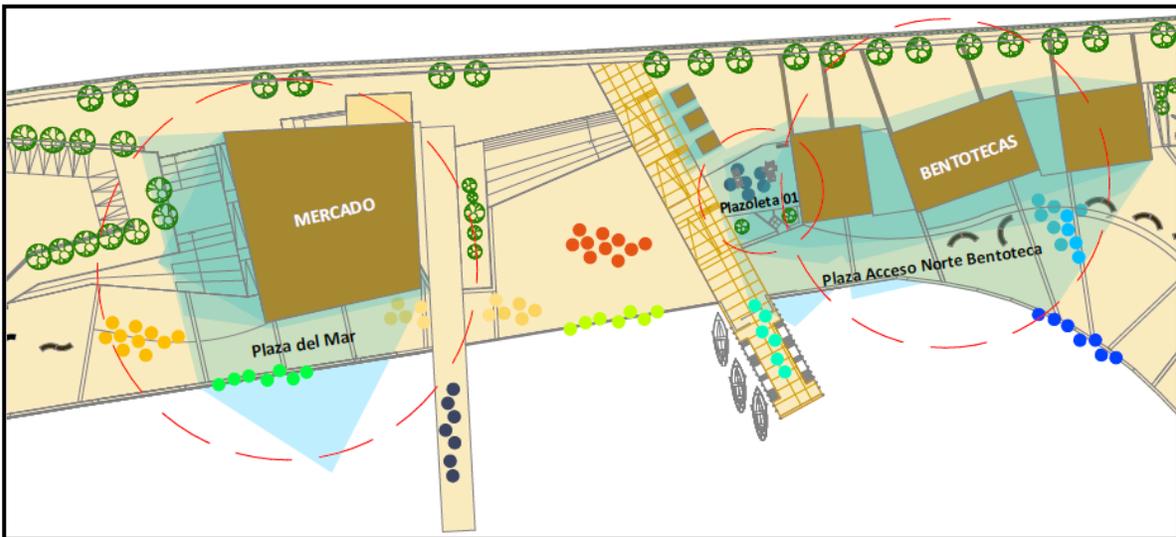
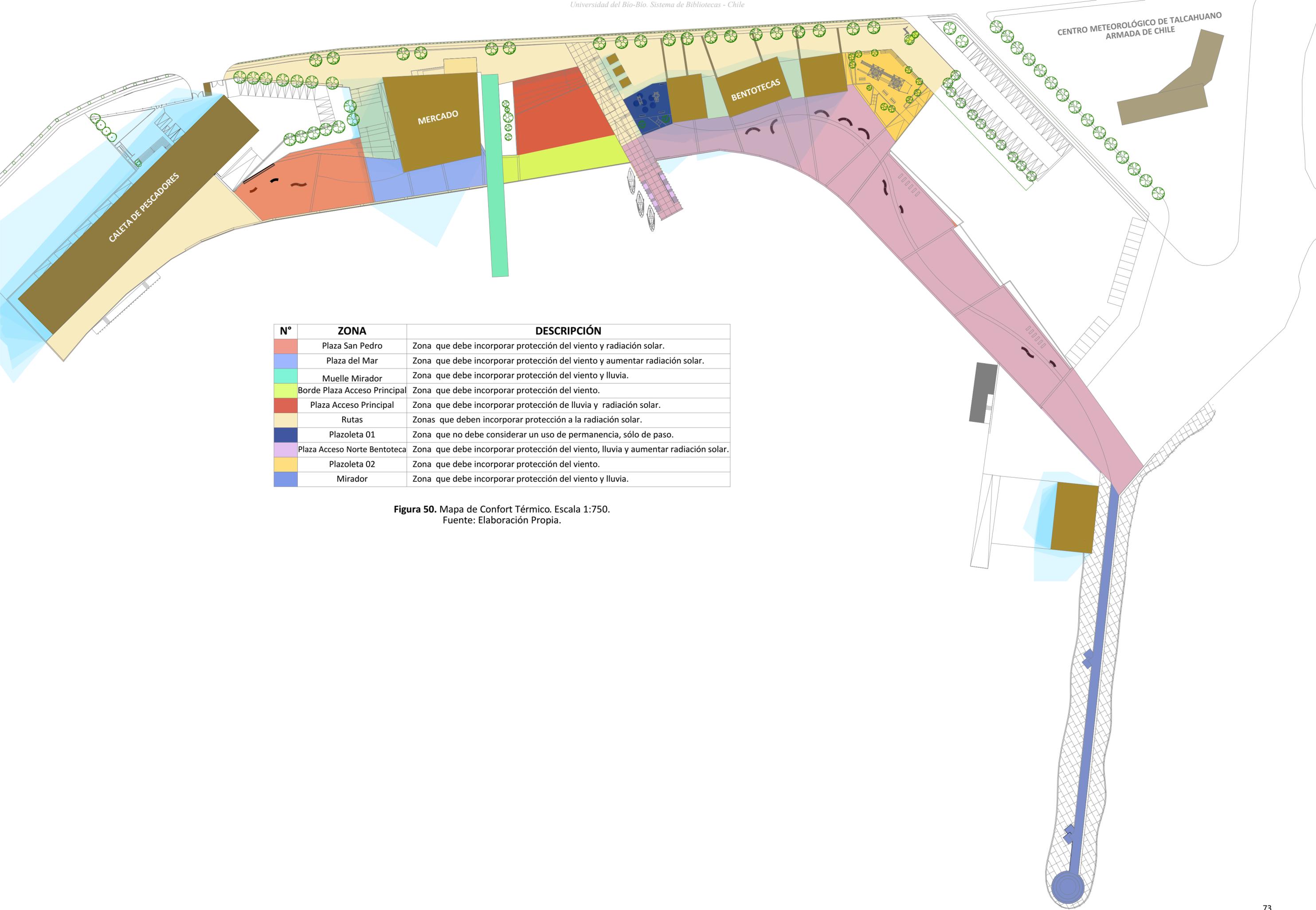


Figura 49. Correlación de Mapas de Percepción y Asoleamiento. Fuente: Elaboración Propia.

6. DESARROLLO MAPA DE CONFORT TÉRMICO

6.1 Mapa de Confort Térmico Borde Costero La Poza

En el mapa de confort térmico se consideraron sólo los lugares de ruta y descanso más concurridos por los visitantes en el borde costero. Cada zona señala los requerimientos que se sugieren para lograr mayor confort térmico de los ocupantes, dentro de las necesidades se encuentra la protección al viento, radiación solar y lluvia.



N°	ZONA	DESCRIPCIÓN
1	Plaza San Pedro	Zona que debe incorporar protección del viento y radiación solar.
2	Plaza del Mar	Zona que debe incorporar protección del viento y aumentar radiación solar.
3	Muelle Mirador	Zona que debe incorporar protección del viento y lluvia.
4	Borde Plaza Acceso Principal	Zona que debe incorporar protección del viento.
5	Plaza Acceso Principal	Zona que debe incorporar protección de lluvia y radiación solar.
6	Rutas	Zonas que deben incorporar protección a la radiación solar.
7	Plazoleta 01	Zona que no debe considerar un uso de permanencia, sólo de paso.
8	Plaza Acceso Norte Bentoteca	Zona que debe incorporar protección del viento, lluvia y aumentar radiación solar.
9	Plazoleta 02	Zona que debe incorporar protección del viento.
10	Mirador	Zona que debe incorporar protección del viento y lluvia.

Figura 50. Mapa de Confort Térmico. Escala 1:750.
Fuente: Elaboración Propia.

6.2 Criterios de Diseño para Borde Costero La Poza

Cabe señalar que para lograr un confort térmico adecuado en las personas que habitan el espacio del borde costero La Poza , se deben considerar ciertos requerimientos señalados a continuación:

- Diversidad de áreas de sol y sombra. Actualmente el espacio se presenta como una gran explanada homogénea en su exposición al sol. El habilitar distintas zonas de sol y sombra potenciaría el uso del espacio en distintas épocas del año.
- Uso de vegetación para generar microclimas, zonas de sombra y cortavientos para áreas más expuestas. De igual forma, la vegetación y árboles ayuda a regular el clima urbano, mitigando el impacto de las islas de calor, modificando las temperaturas del aire y humedad del espacio. Los árboles bloquean el paso de la radiación solar, evitando el calentamiento y almacenamiento de calor en los pavimentos y muros que sombrean.

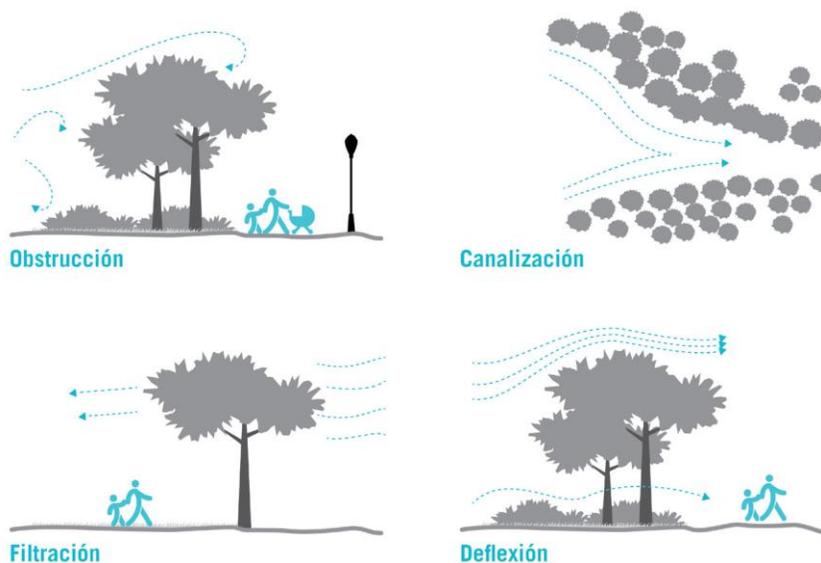


Figura 51. Instalación de árboles para la protección contra el viento.

Fuente: Comisión para el mejoramiento de la calidad térmica de las edificaciones y el espacio urbano, 1999.

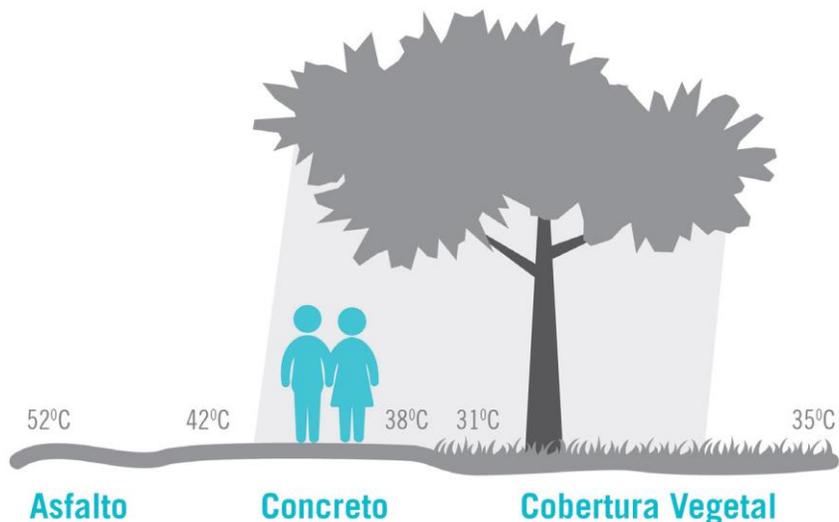


Figura 52. Árboles como reguladores del clima urbano.

Fuente: Comisión para el mejoramiento de la calidad térmica de las edificaciones y el espacio urbano, 1999.

- Instalación de cubiertas y/o sombreados para la proteger a los ocupantes de los altos niveles de radiación solar que presenta el espacio, ubicados en los lugares de permanencia más prolongada. Además, se pueden utilizar como protección de la lluvia.



Figura 53. Sombreador de Madera con Protección UV, Antofagasta.

Fuente: CDT, Manual de Elementos Urbanos Sustentables, Tomo II.

- Considerar los colores y acabados de los materiales del espacio, ya que afectan a la percepción de la radiación solar. Las tonalidades oscuras absorben la energía solar y las claras reflejan más la radiación. Los pavimentos con terminación pulida tienen mejor desempeño térmico que los

rústicos, ya que absorben menos calor. Con respecto al color los pavimentos con tonalidades más claras tienen un mejor comportamiento técnico que los oscuros (Alchapar y Correa, 2015).

En las zonas con mayor radiación solar se deben incluir áreas verdes, ya que permiten mantener o disminuir la temperatura del ambiente.

- Utilizar escaños con materiales que incorporen la inercia térmica adecuada para el clima. Las jardineras de grandes dimensiones son una buena opción para sentarse bajo la sombra de un árbol.

7. CONCLUSIONES

- En este estudio se identificaron distintos modelos de evaluación del confort térmico exterior desarrollados hasta ahora. Dentro de los cuales se priorizó el mapa de confort térmico para demostrar la comodidad de los ocupantes a través del uso del espacio público del borde costero La Poza. Este método combina el análisis de las variables climáticas y la percepción térmica a través de las encuestas subjetivas, ya que se ha considerado que es inadecuado aplicar sólo un modelo físico para diseñar y evaluar los espacios abiertos. El ambiente físico, generado por los parámetros climáticos, es en gran parte importante para el confort térmico exterior, pero la adaptación de los ocupantes es un factor fundamental de considerar en estos espacios para obtener resultados certeros. Al evaluar en conjunto estos componentes permiten aumentar el uso del espacio urbano exterior durante todo el año.
- Las investigaciones acerca del confort térmico en espacios abiertos basados sólo en estándares computacionales, han demostrado no ser la manera más representativa de encontrar resultados precisos, es por esta razón, que se decidió utilizar un método mixto, el cual combina un análisis computacional y un modelo cualitativo como son las encuestas.
- De acuerdo a las investigaciones estudiadas se determinó que no es posible utilizar modelos de evaluación de confort térmico interior en espacios exteriores, ya que las condiciones climáticas generan una variable incierta que no se puede replicar con un método pensado para una condición ambiental específica.
- En los espacios exteriores se puede visualizar que es más habitual que los usuarios adquieran una adaptación reactiva, esto se debe a que las personas se acomodan al medio ambiente, eligiendo el lugar indicado para permanecer o sentarse, el consumo de bebidas frías o calientes para alterar el metabolismo y la elección del vestuario por capas. Los usuarios se adaptan de acuerdo a sus necesidades, en cambio el espacio se mantiene rígido. La adaptación interactiva en el caso del borde costero La Poza no existe. Es una buena alternativa considerar la adaptación interactiva en estos espacios, tal cual como sucede en los ambientes interiores, incorporando la manipulación de elementos que generen sombra o protección contra la lluvia y viento.

- En el caso de la aplicación de las encuestas de percepción térmica, se pudo constatar que las distintas estaciones del año requieren de diferentes ambientes térmicos, para lo cual se hace necesario múltiples entornos dentro del mismo espacio público, lo que ayudaría a la adaptación de las personas.
- En las encuestas de campo, se pudo constatar que un 67,10% percibió la sensación térmica con algún grado de frío, siendo las mujeres las que obtuvieron un mayor porcentaje con un valor de 74%. En la evaluación de exposición solar el 52,60% indicó sentirse bien con el sol, por lo que los resultados fueron similares con los que señalaron la falta de sol. La velocidad del viento fue el parámetro más predominante en cuanto a malestar de los ocupantes, el 65,79% percibió el ambiente ventoso. En cambio, la humedad del aire y de la piel, fue el factor más difícil de distinguir dentro de la población encuestada, no presentó mayores variaciones. Se puede indicar que el 70,40% de las personas entrevistadas manifestó tener un confort general muy inconfortable, lo que da a entender que el espacio del borde costero La Poza requiere incorporar una mejora en su diseño para aumentar el prolongado uso de su espacio de una manera comfortable.
- Para el modelo físico se decidió estudiar sólo el parámetro de la radiación solar a través de un análisis desarrollado en el programa ArcGis, el cual permitió obtener resultados precisos que se relacionan con la variable de la temperatura del aire, siendo un factor fácilmente perceptible por los ocupantes del espacio, este estudio da inicio para continuar la evaluación de otros parámetros, tales como el viento.
- De acuerdo al análisis solar, se puede determinar que la zona central del espacio público del borde costero al ser más cercana a las edificaciones de mayor altura, se ven afectadas por la sombra que generan, por lo tanto, sus actividades no deben considerar una permanencia prolongada, sólo de tránsito.
- En resumen, los resultados indican que para obtener el confort térmico de un espacio exterior, es necesario relacionar los parámetros atmosféricos y la percepción térmica de las personas. La influencia de cada variable climática requiere de un análisis mayor que permita un trabajo de campo más preciso con encuestas específicas e instrumentos especializados, ya que en este caso sólo se consideró el análisis solar. El estudio presentado genera un marco para futuras investigaciones sobre este tema, el cual afecta a todos los espacios públicos exteriores que

habitamos cotidianamente y se podría llegar a una herramienta integral considerando el análisis de todos los factores climáticos.

- De acuerdo a los análisis desarrollados, se puede deducir que al mejorar las condiciones de confort térmico de las personas, se puede aumentar la permanencia y la frecuencia de uso del espacio público.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Armada de Chile. Centro Meteorológico de Talcahuano Weather. Talcahuano, Chile. <http://web.directemar.cl/met/jturno/estaciones/talcahuano/index.htm>.
- Bojórquez, G. (2010). *Confort Térmico en Exteriores: actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo* (Doctoral dissertation, Tesis (Doctorado)—Universidad de Colima, Colima, México.
- Boumaraf, H., & Tacherift, A. (2012). Thermal comfort in outdoor urban spaces. *Studies in Mathematical Sciences*, 6, 279-283.
- Bravo, M. F. G., & De la Torre, J. M. O. (2014). Confort Térmico en los Espacios Públicos Urbanos, Clima cálido y frío semi-seco. *Hábitat Sustentable*, 52-63.
- Cueva, A. J. P., Lopera, F. G., & Tornero, J. (2006). Ciudad y confort ambiental: estado de la cuestión y aportaciones recientes. *Cuadernos de geografía*, (80), 147-182.
- Gobierno Regional Bío Bío (2010). Plan de Reconstrucción del Borde Costero – PRBC 18. Plan Maestro de Talcahuano.
- Gómez, N., Rojas, A., Higuera, E., & Madrid, O. D. T. E. U. Parámetros (PS) Sostenibles en el Planeamiento y Diseño Ambiental del Espacio Microurbano (Venezuela) Código: 407.
- Gómez, N., Montiel, L., Higuera, E., & Madrid, O. D. T. E. U. Escenarios Sostenibles Herramientas de Evaluación y Diseño del Microespacio Urbano entre Edificaciones (Venezuela) Código: 411.
- Heredia Barriga, E. I., & Pintado Cajamarca, D. X. (2017). Criterios de diseño para el espacio público, desde el análisis térmico en el Paisaje Urbano Histórico de Cuenca. Casos de estudio, sectores: Puente Roto y Plazoleta del Vergel (Bachelor's thesis).
- Higuera, E., & Ambiente, M. M. URBANISMO BIOCLIMATICO EN LA CIUDAD.
- Huamantínco Cisneros, M. A., & Piccolo, M. C. (2010). Índices de confort aplicados al Balneario de Monte Hermoso, Argentina.

- Lamarca, C. (2014). *Comparación de modelos físicos y perceptuales para determinar el confort térmico en distintos cañones urbanos de la ciudad de Concepción* (Doctoral dissertation, Tesis de Master. Director: Dr. Cristian Henríquez, Pontificia Universidad Católica de Chile. Instituto de Geografía, Santiago de Chile.
- Martínez, E. M., Ciriquián, P. M., Moure, M. V., & García, D. M. (2013). Claves para proyectar espacios públicos confortables. indicador del confort en el espacio público. *Equipamiento y servicios municipales*, (165), 66-76.e7739.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2017). Manual de Elementos Urbanos Sustentables Tomo I: Sustentabilidad en el Espacio Público y Recomendaciones para Chile.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2017). Manual de Elementos Urbanos Sustentables Tomo II: Pavimentos y Circulaciones, Mobiliario Urbano.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2017). Manual de Elementos Urbanos Sustentables Tomo III: Iluminarias, Material Vegetal y Sistemas de Riego Eficientes.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Región del Bío Bío (2019). Herramienta de de Evaluación de Sustentabilidad en los Espacios Públicos.
- Morgan, C., & de Dear, R. (2003). Weather, clothing and thermal adaptation to indoor climate. *Climate Research*, 24(3), 267-284.
- Muñoz Rebolledo, M., & Pérez, L. (2013). Recuperación del espacio público en los bordes de agua del área metropolitana de Concepción como reafirmación de identidad y construcción de memoria del futuro.
- Nikolopoulou, M., Baker, N., & Steemers, K. (1999). Thermal comfort in urban spaces: different forms of adaptation. *Proc. REBUILD 1999: Shaping Our Cities for the 21st Century*.
- Nikolopoulou, M., Baker, N., & Steemers, K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar energy*, 70(3), 227-235.

- Nikolopoulou, M., Lykoudis, S., & Kikira, M. (2003, September). Thermal comfort in outdoor spaces: field studies in Greece. In *Proceedings of the fifth international conference on urban climate, Lodz* (pp. 1-5).
- Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and buildings*, 35(1), 95-101.
- NIKOLOPOULOU, M. (2004). Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach; RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Greece: Centre for Energy Resources, Department of Buildings.
- Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. *Building and environment*, 41(11), 1455-1470.
- Oliveira, S., & Andrade, H. (2007). An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon. *International Journal of Biometeorology*, 52(1), 69-84.
- Ruiz, M. A., & Correa, E. N. (2009). Confort térmico en espacios abiertos. Comparación de modelos y su aplicabilidad en ciudades de zonas áridas. *Revista AVERMA: Avances en Energías Renovables y Medioambiente*, 13(1), 71-78.
- Sandoval Quezada, N. (2015). Informe N°1 - Análisis Solar Concepción. Elaboración de Modelos Territoriales de Potencial Solar. Proyecto CON*FIN Conicyt AKA ERNC 007. Laboratorio de Estudios Urbanos (LEU) – Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.
- Sandoval Quezada, N. (2015). Informe N°2 - Guía Práctica Usuario, Análisis Radiación Solar, Programa ArcGis. Elaboración de Modelos Territoriales de Potencial Solar. Proyecto CON*FIN Conicyt AKA ERNC 007. Laboratorio de Estudios Urbanos (LEU) – Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.
- Sandoval Quezada, N. (2015). N°3 – Análisis Radiación Solar de una Pieza Urbana – Calle Chacabuco, Concepción. Elaboración de Modelos Territoriales de Potencial Solar. Proyecto CON*FIN Conicyt AKA ERNC 007. Laboratorio de Estudios Urbanos (LEU) – Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.

- Sandoval Quezada, N. (2015). N°4 – Guía Práctica Usuario, Análisis de Pérdida de Radiación Solar de una Pieza Urbana, Calle Chacabuco, Concepción. Elaboración de Modelos Territoriales de Potencial Solar. Proyecto CON*FIN Conicyt AKA ERNC 007. Laboratorio de Estudios Urbanos (LEU) – Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile.
- Shakir, A. K. (2010). Thermal Comfort Modelling of an Open Space (Sport Stadium).
- Stathopoulos, T., Wu, H., & Zacharias, J. (2004). Outdoor human comfort in an urban climate. *Building and Environment*, 39(3), 297-305.
- Tumini, I., & Fargallo, A. P. (2015). Aplicación de los sistemas adaptativos para la evaluación del confort térmico en espacios abiertos, en Madrid. *Hábitat Sustentable*, 5(2), 57-67.
- Tumini, I., Higuera García, E., & Baereswyl Rada, S. (2016). Urban microclimate and thermal comfort modelling: strategies for urban renovation. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, 7(1), 22-37.
- Vilella, E. C., & du Génie Chimique, I. (1983). NTP 74: Confort térmico-Método de Fanger para su evaluación.
- Zhou, Z., Chen, H., Deng, Q., & Mochida, A. (2013). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in a humid subtropical climate city. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 12(1), 73-79.