

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA



“ANALISIS DE SINTAXIS ESPACIAL EN EL ESPACIO URBANO MEDIANTE UN
MODELO COMPUTACIONAL DE USO DEL ESPACIO, 2023”

Caso de Estudio: Paseo cívico de la ciudad de Tacna

TESIS

Presentado por:

Bach. Angel Fernando Yucra Checani

Asesor:

Mtro. Rosa Esperanza Torres Miranda

Para optar el Título profesional de:

ARQUITECTO

TACNA – PERÚ

2023



DECLARACION JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Yo Angel Fernando Yucra Checani, en mi condición de Bachiller de la carrera profesional de arquitectura y Urbanismo de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 72856954, declaro bajo juramento la autenticidad del tema de tesis de pregado de mi persona, denominado:

“Análisis de Sintaxis Espacial en el Espacio Urbano mediante un Modelo Computacional de Uso del Espacio, 2023”

Caso de Estudio: Paseo cívico de la ciudad de Tacna.

Asesorado por: Mtro. Rosa Esperanza Torres Miranda

Es un tema original elaborado por mi cuenta y no existe plagio de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación sea nacional, extranjera o presentado por otra persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas a su vez declaro la autenticidad de los datos consignados y todos los documentos adjuntos para el tramite de Título a Nombre de la Nación.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación bajo Normativa APA vigente, asimismo ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de las connotaciones éticas, legales involucradas y vigentes.

Tacna 14 de Noviembre 2023

Firma:  _____

Nombre: Angel Fernando Yucra Checani

DNI: 72856954



Dedicatoria

Quiero dedicar la siguiente tesis, a mi padre, a mi madre y a mi hermano Jesús por todo el esfuerzo y apoyo que me dieron durante mis años de estudio.

Agradecimientos:

A mi fiel amigo Leo me enseñaste que uno no debe rendirse a pesar de sus adversidades, me inspiraste a ser mejor cada vez más, a Rosa Torres porque me enseñaste y me motivaste a querer más a la ciudad y lo que es ser un investigador, a mis amigos de CEPAO y a mi familia.

Generalidades

Título:

“Análisis de Sintaxis Espacial en el espacio urbano mediante un Modelo Computacional de Uso del Espacio, 2023” Caso de Estudio: Paseo cívico de la ciudad de Tacna.

Autor:

Bach. Arq. Angel Fernando Yucra Checani

Asesor:

Mtro. Rosa Esperanza Torres Miranda

Línea de Investigación:

La línea de investigación seleccionada es “Ciudad, territorio y paisaje “. La presente investigación contribuirá al Objetivo de Desarrollo Sostenible número 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, debido a que incidirá en investigación de la configuración urbana y el comportamiento social.

Localidad:

Paseo Cívico de la Ciudad de Tacna, Distrito de Tacna, Los Palos, Provincia de Tacna, Departamento Tacna -Perú

Duración de la Investigación:

6 meses

INDICE

Generalidades	5
Resumen	13
Abstract	14
INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO I. El problema de investigación.....	1
1.1. Descripción de la Situación Problemática.	1
1.2. Formulación del Problema.	3
1.2.1. Pregunta General.....	3
1.2.2. Preguntas Especificas.....	3
1.3. Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Hipótesis de investigación.....	4
1.4.1. Hipótesis general	4
1.4.2. Hipótesis especificas:.....	4
1.5. Justificación de la Investigación	4
CAPITULO II. Marco Teórico.....	6
2.1. Antecedentes de la Investigación	6
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	6
2.1.3. Antecedentes locales	17
2.2. Bases Teórico-científicas.....	17
2.2.1. The Syntax Space: Definiciones de Espacio Urbano.....	17
2.2.2. Propiedades intrínsecas del espacio.	19

2.2.3. Propiedades extrínsecas del espacio	22
2.2.4. La teoría de la combinatoria espacial	26
2.2.5. La Teoría del Movimiento Natural	27
2.2.6. La Teoría del Proceso de Transformación Urbana Natural	28
2.2.7. Comprender y explicar la red dual.....	29
2.2.6. Modelos computacionales de uso del espacio en diseño arquitectónico y urbano.....	30
2.3. Definición de Términos Básicos	32
2.3.1. Sintaxis espacial	32
2.3.2. Modelo computacional	32
2.3.3. Uso del Espacio	33
2.3.4. Línea axial.....	33
2.3.5. Campo isovista.....	33
2.3.6. Conectividad	33
2.3.7. Integración	34
2.3.8. Análisis gráfico visual (VGA)	34
2.3.9. Modelado basado en agentes (MBA)	34
CAPITULO III. Marco metodológico	35
3.1. Tipo de Investigación	35
3.2. Diseño de Investigación	35
3.3. Nivel de Investigación	36
3.4. Identificación y operacionalización de las variables	37
3.4.1. <i>Identificación de la variable independiente</i>	37
3.4.2. <i>Identificación de la variable dependiente</i>	37
3.4.3. Operacionalización de las variables	37

3.5. Ámbito y tiempo social de la investigación:	40
3.6. Población y muestra.....	41
3.6.1. Unidad de estudio	41
3.6.2. Población	41
3.6.1. Muestra.....	42
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos.....	43
3.8. Procesamiento, análisis e interpretación de Datos	43
3.8.1. <i>Análisis Space Syntax</i>	43
CAPITULO IV: Resultados de investigación	47
4.1. Ficha evaluativa de Observación	47
4.2. Diseño de la presentación de los resultados	50
4.3. Resultados.....	51
4.3.1. <i>Análisis de la Variable independiente “sintaxis espacial”</i>	51
4.3.2. Dimension Actividades	56
4.3.2. Análisis de la Variable independiente “Modelo computacional de uso del espacio”	66
4.3.1. Análisis de la Variable dependiente “Correlación de Datos”.....	72
4.3.1.2. Dimension Correlacion de Datos	72
DISCUSIÓN.....	75
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mayor afluencia de Rutas de Transporte.	1
Figura 2. El desafío espacial y la estrategia de diseño para Trafalgar Square.	7
Figura 3. Representación de un modelo axial la revitalización de Trafalgar Square.....	7
Figura 4. Representación de flujo de peatones de la revitalización de Trafalgar Square.....	9
Figura 5. Grafico de análisis de integración axial global.....	11
Figura 6. El uso de la sintaxis espacial para probar cómo varios nuevos enlaces de carreteras podrían afectar las centralidades en Leiden.....	12
Figura 7. Diagrama de flujo del proceso de preparación del modelo (previo a ser ejecutado).....	15
Figura 8. Diagrama de flujo para movilizar las personas que encuentran en un área comercial.	16
Figura 9. Interfaz gráfica del modelo en Netlogo.....	17
Figura 10. Propiedades intrínsecas del ejemplo de la ciudad X	20
Figura 11. Dos ejemplos de huellas urbanas dejadas por elementos primarios del pasado.....	21
Figura 12. Propiedades extrínsecas.....	23
Figura 13. <i>Propiedades extrínsecas representaciones.</i>	25
Figura 14. <i>Ámbito de estudio – Base Catastral de Tacna, PDU (2015-2025).</i>	40

Figura 15. <i>A través del análisis de visión: cálculo de la profundidad media</i> ..	45
Figura 16. <i>Numeración de Vías o Puertas</i>	1
Figura 17. <i>Foto de la Vía N°15 Arco Parabólico - Lado 02</i>	49
Figura 18. <i>Foto de la Vía N° 28 Av. Blondell - Tramo 02</i>	49
Figura 19. <i>Vía N° 24 C. Bolívar - Tramo 02</i>	50
Figura 20. <i>Mapeo del flujo peatonal</i>	51
Figura 21. <i>Cuadro de barras del flujo peatonal (Personas/Hora)</i>	52
Figura 22. <i>Mapeo del flujo vehicular</i>	53
Figura 23. <i>Cuadro de barras del flujo vehicular (Vehículos/Hora)</i>	53
Figura 24. <i>Mapeo de Seguimiento de peatones</i>	54
Figura 25. <i>Cuadro de Barras Seguimiento de Personas (Entrada)</i>	55
Figura 26. <i>Cuadro de Barras Seguimiento de Personas (Salida)</i>	56
Figura 27. <i>Mapeo de Actividades estacionarias</i>	57
Figura 28. <i>Mapeo de Vandalismo</i>	58
Figura 29. <i>Cuadro de registro de Vandalismo</i>	58
Figura 30. <i>Grafico del Nivel de Conectividad</i>	59
Figura 31. <i>Grafico del Nivel de Integración Local</i>	61
Figura 32. <i>Mapa de Integración Global</i>	63
Figura 33. <i>Mapa de Choice Global</i>	64
Figura 34. <i>Grafico del nivel de Choice local</i>	65
Figura 35. <i>Cuadrícula cada 2 m de VGA</i>	67

Figura 36. <i>Mapa de Visibilidad Grafica.</i>	67
Figura 37. <i>Modelo de agente como persona promedio</i>	69
Figura 38. <i>Modelo de agente como turista</i>	70
Figura 39. <i>Modelo de agente como un local</i>	71
Figura 40. <i>Gráfico de Dispersión. (Conectividad – Integración)</i>	72
Figura 41. <i>Gráfico de Inteligibilidad (Integración - Movimiento De Peatones Y Vehículos)</i>	73
Figura 42. <i>Correlación (Comportamiento Espacial – VGA)</i>	74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Operacionalización de la variable independiente	1
Tabla 2. Operacionalización de la variable dependiente	1
Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos	43
Tabla 4. Nivel de Conectividad.	60
Tabla 5. Grado de Conectividad.	60
Tabla 6. Nivel de Integración Local.	61
Tabla 7. Nivel de Integración.	62
Tabla 8. Nivel de Choice.	65
Tabla 9. Grado de Choice.	66
Tabla 10. Nivel de VGA.	68

Resumen

La problemática en el contexto del Paseo Cívico de Tacna se caracteriza por desafíos relacionados con la distribución de actividades y la accesibilidad, el sistema de transporte público presenta problemas de saturación y contaminación. Asimismo, la zona monumental enfrenta congestión debido a la gran cantidad de actividades, y la falta de consolidación en algunas vías agrava la situación.

La presente investigación aborda estas problemáticas, destacando la necesidad de enfoques innovadores en la planificación urbana y una comprensión detallada de cómo la configuración espacial afecta el comportamiento de las personas. Se resalta la importancia de explorar la teoría de la sintaxis espacial para una mejor comprensión del espacio urbano en el Paseo Cívico de Tacna.

El enfoque de investigación es cuantitativo y correlacional, de tipo transversal, ya que implica la recopilación de datos de diversas fuentes y utiliza métodos estadísticos y matemáticos para cuantificar el problema estudiado. Este enfoque permite medir objetivamente los fenómenos, resolver problemas, controlar variables y realizar predicciones basadas en datos numéricos.

Como resultado, se han identificado diversas correlaciones entre las variables de estudio, lo que contribuye a una mejor comprensión del espacio urbano. Este análisis enfatiza la importancia de la sintaxis espacial en la planificación urbana y su impacto en el comportamiento humano.

Palabras claves: sintaxis espacial, modelo computacional, uso del espacio, espacio urbano.

Abstract

The issues within the context of Tacna's Civic Promenade are characterized by challenges related to activity distribution and accessibility. Despite its historical and cultural significance, the public transportation system faces problems of saturation and pollution. Additionally, the monumental zone experiences congestion due to a high volume of activities, and the lack of consolidation in some streets exacerbates the situation.

This research addresses these issues, emphasizing the need for innovative approaches in urban planning and a detailed understanding of how spatial configuration affects human behavior. The importance of exploring spatial syntax theory for a better understanding of urban space in Tacna's Civic Promenade is underscored.

The research approach is quantitative and correlational, of a cross-sectional nature, as it involves data collection from various sources and utilizes statistical and mathematical methods to quantify the studied problem. This approach allows for the objective measurement of phenomena, problem resolution, variable control, and predictions based on numerical data.

As a result, various correlations have been identified among the study variables, contributing to a better understanding of urban space. This analysis highlights the importance of spatial syntax in urban planning and its impact on human behavior.

Keywords: spatial syntax, computational model, space utilization, urban space.

INTRODUCCIÓN

El Paseo Cívico de Tacna, un lugar de gran relevancia histórica y cultural se encuentra inmerso en una serie de desafíos relacionados con la distribución de actividades y la accesibilidad. Este espacio emblemático, a pesar de su importancia para la identidad de la ciudad, enfrenta problemas graves que impactan en la calidad de vida de sus habitantes y visitantes.

Uno de los problemas más apremiantes es la congestión y contaminación generadas por el sistema de transporte público en la zona. La saturación de vehículos, la falta de orden en las rutas y la contaminación del aire plantean una serie de interrogantes acerca de cómo mejorar la movilidad y la experiencia de quienes transitan por esta área.

Además, la zona monumental de Tacna, que forma parte integral del Paseo Cívico, presenta una aglomeración de actividades que, si bien reflejan la riqueza cultural de la ciudad, también generan problemas de accesibilidad y uso eficiente del espacio público. La falta de consolidación en algunas vías agrava aún más esta situación.

Esta tesis se adentra en el análisis de estas problemáticas, destacando la urgente necesidad de enfoques innovadores en la planificación urbana. Para abordar de manera efectiva estos desafíos, se requiere una comprensión profunda de cómo la configuración espacial influye en el comportamiento humano y, en última instancia, en la calidad de vida de la comunidad.

En este sentido, se explorará en profundidad la teoría de la sintaxis espacial como un marco teórico y metodológico para comprender mejor la dinámica del espacio urbano en el Paseo Cívico de Tacna. Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo y correlacional, con un diseño transversal, que implica la recopilación de datos de diversas fuentes y la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos para cuantificar los problemas identificados.

Como resultado de este estudio, se esperan hallazgos significativos que contribuirán a una comprensión más profunda de las complejidades del espacio urbano en el Paseo Cívico de Tacna. Estos hallazgos tendrán implicaciones importantes para la planificación y el diseño urbano, así como para la toma de decisiones en políticas públicas que buscan mejorar la calidad de vida en esta área emblemática.

En los capítulos posteriores, se describirá en detalle la metodología de investigación, el análisis de datos y las conclusiones obtenidas. El objetivo último de esta tesis es proporcionar recomendaciones y soluciones prácticas que contribuyan a la comprensión y mejora del Paseo Cívico de Tacna en el contexto urbano actual.

CAPITULO I. El problema de investigación

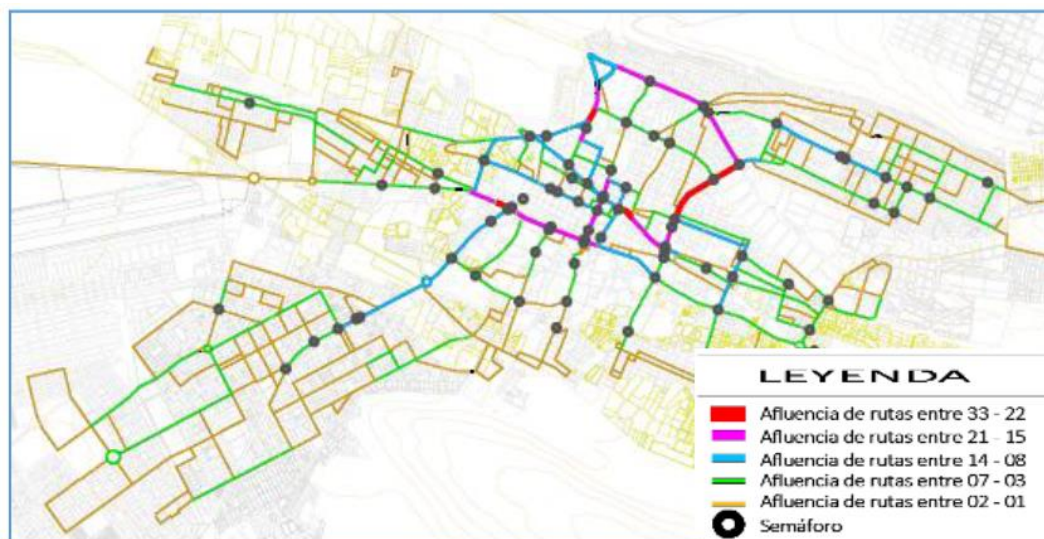
1.1. Descripción de la Situación Problemática.

El diseño y la planificación de espacios urbanos desempeñan un papel fundamental en la calidad de vida de los ciudadanos y en la funcionalidad de las áreas públicas. En el contexto del Paseo Cívico de la Ciudad de Tacna en el año 2023. A pesar de su relevancia histórica y cultural, el Paseo Cívico enfrenta desafíos en términos de distribución de actividades, accesibilidad y experiencia de los usuarios.

Tal como muestran los reportes, en relación al sistema de transporte, Tacna presenta el octavo mayor parque automotor del Perú, compuesto aproximadamente por más de 40 000 vehículos en el año 2010. Se estima que mayor parte de los desplazamientos en la ciudad ocurren en transporte público (65%), sin embargo, el sistema de transporte público actual presenta muchos problemas, entre los cuales se pueden destacar. Exceso de oferta de servicio en el centro de la ciudad, satura las vías y contaminan la atmosfera (Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de Tacna 2015 – 2025, 2015. p. 77).

Figura 1

Mayor afluencia de Rutas de Transporte.



Nota: El gráfico se aprecia que la mayor afluencia de rutas de transporte urbano. Adaptado de plan de Desarrollo Urbano

En el transporte público está organizado en 33 rutas de transporte, en las que operan 949 vehículos (combis y minibuses), a esto se suma las unidades que realizan el servicio de Taxi generando una gran congestión de las vías principales de la ciudad; sobre todo en las horas pico. Dichas rutas cuentan con itinerario y datos operacionales obtenidos de manera empírica sin metodología que justifique el diseño de la ruta, número de vehículos, así como otros datos operacionales (velocidad, frecuencia, etc.) (PDU de Tacna 2015 – 2025, 2015. p. 77).

La Zona Monumental de Tacna se divide en dos sectores en donde se encuentran una serie de entidades institucionales, bancarias, de culto y educación. Dentro del análisis se reconocen como monumentos históricos 52 inmuebles particulares, 26 inmuebles públicos, 31 viviendas particulares de interés cultural y 13 inmuebles públicos y/o instituciones de interés cultural. Sin embargo, las manzanas regulares y las calles estrechas marcan la estructura urbana del sector 1, que debido a la cantidad de actividades que tienen ocurrencia genera congestión y desorden.

También existe una falta de consolidación en las vías paralelas a la Av. Bolognesi, hacia el norte, las vías poseen menor sección que hacia el sur, y hacia el sur de la avenida Bolognesi existen tramos proyectados no consolidados. La pregunta que surge es: ¿Cómo se puede aprovechar la sintaxis espacial en un Modelo Computacional de Uso del Espacio para abordar estas problemáticas y sentar bases para lograr un diseño urbano más eficiente y atractivo en el Paseo Cívico de Tacna?

Estas problemáticas mencionadas anteriormente reflejan la necesidad de aplicar enfoques innovadores y prácticos en la planificación urbana, y de abordar específicamente la influencia de la sintaxis espacial en la configuración y funcionamiento del espacio público. Se evidencia la falta de una comprensión detallada de cómo la configuración urbana del diseño urbano afecta el comportamiento de los individuos y su movilidad.

Por lo tanto, es esencial explorar soluciones de modelo computacionales sobre el uso del espacio. Según (Cheliotis, 2020), pueden formularse a partir de observaciones previas y posteriormente aplicarse a una representación virtual de un diseño propuesto, que permitan una mejor comprensión y optimización en el diseño urbano del Paseo Cívico de la ciudad Tacna.

1.2. Formulación del Problema.

1.2.1. Pregunta General

¿De qué manera un Modelo Computacional de uso del Espacio permite analizar la sintaxis espacial del Espacio Urbano del Paseo Cívico de la ciudad de Tacna, 2023?

1.2.2. Preguntas Específicas

- ¿Cómo realizar la metodología de la Sintaxis Espacial en el espacio urbano del Paseo cívico de la ciudad de Tacna?
- ¿Cómo determinar el procesamiento y reconocimiento de datos sobre Sintaxis Espacial en un Modelo Computacional de uso del espacio del Paseo cívico de la ciudad de Tacna?
- ¿Qué relevancias demuestra el análisis de la Sintaxis Espacial mediante un Modelo Computacional de uso del espacio en el diseño urbano del Paseo Cívico de Tacna?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

“Análisis de Sintaxis Espacial en el espacio urbano mediante un Modelo Computacional de Uso del Espacio, 2023”.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar la metodología de la Sintaxis Espacial en el Espacio Urbano del Paseo cívico de la ciudad de Tacna.

- Determinar el procesamiento y reconocimiento de datos de la Sintaxis Espacial del Paseo Cívico de la ciudad de Tacna en un Modelo Computacional de uso del espacio.
- Demostrar la relevancia del análisis de la Sintaxis Espacial mediante un Modelo Computacional de uso del espacio en el diseño urbano del Paseo Cívico de Tacna.

1.4. Hipótesis de investigación

1.4.1. Hipótesis general

"Un Modelo Computacional de Uso del Espacio permitirá analizar la Sintaxis Espacial del Espacio Urbano del Paseo Cívico de la Ciudad de Tacna, 2023."

1.4.2. Hipótesis específicas:

- La metodología de la Sintaxis Espacial permitirá revelar el comportamiento espacial urbano en el Paseo cívico de la ciudad de Tacna.
- Mediante un Modelo Computacional de uso del Espacio se procesarán y reconocerán datos sobre la sintaxis espacial del Paseo cívico de la ciudad de Tacna lo que permitirá una representación de visibilidad espacial.
- El análisis de la Sintaxis Espacial mediante un Modelo Computacional de uso del espacio tendrá una relevancia en el diseño urbano del Paseo Cívico de Tacna.

1.5. Justificación de la Investigación

La justificación de la investigación radica en realizar un análisis del uso del espacio en el espacio urbano para entender la importancia como indica, Cheliotis (2020) entre: "La interrelación entre el entorno físico y el comportamiento espacial" (pág. 01), siendo en particular uno de los principales focos del diseño urbano.

En la profesión del diseño, los profesionales dan forma a los entornos físicos de tal manera que se adapten al comportamiento espacial humano lo mejor posible con respecto al uso previsto del espacio (Cheliotis, 2020).

No obstante, dicho fundamento se apoya en la información previa acerca de cómo las personas han interactuado con el espacio en circunstancias similares, extrapolando las demandas del diseño actual (Cheliotis, 2020).

Las metodologías de sintaxis espacial demuestran mediante un modelo de actividad espacial determinista y el comportamiento espacial se modela como resultado directo de la morfología urbana, en lugar de la interacción interpersonal (Cheliotis, 2020).

Las interacciones espaciales de los individuos en el modelo computacional de uso del espacio público se desarrollan utilizando un Modelo Computacional de uso del Espacio bajo el paradigma de el Modelado Basado en Agentes (ABM) debido a que el “agente” tiene capacidad de examinar el espacio visualmente; se ha argumentado que los ABM son bastante hábiles para simular procesos espaciales a microescala (Heppenstall, Malleson y Crooks, 2016, p. 05).

Se espera que los resultados de dicho modelo estén estandarizados y provean información suficiente para el proceso del análisis. Este tipo de herramientas impulsan la generación de conocimiento, lo que permite anticiparse a choques externos e incorporar nuevas estrategias y oportunidades de políticas públicas y territoriales (Vanegas, 2016).

CAPITULO II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

2.1.1.1. Space Syntax in Architectural Design and Education Design Practice in Urban Context: Trafalgar Square. En 1996, dado como enfoque la sintaxis espacial se implementó en la reconfiguración de Trafalgar Square bajo la dirección de la firma de arquitectos Foster+Partners. Este proyecto se destaca como uno de los más exitosos donde la sintaxis espacial desempeñó un papel crucial en las decisiones, estableciéndose como uno de los primeros ejemplos sólidos que demuestran la funcionalidad práctica de la sintaxis espacial (Dursum, 2007).

Tanto antes como después de la renovación de la plaza, se realizaron observaciones y registros de personas. Esto permitió a los diseñadores probar el modelo de sintaxis espacial de un antes y un después, comparándolos con los datos empíricos.

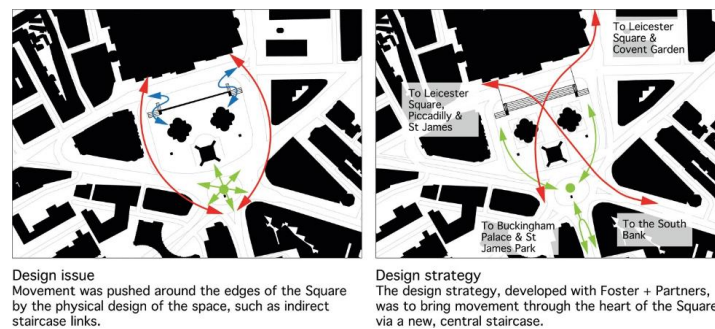
En la primera etapa, el análisis de flujos peatonal reveló que los locales evitaban traspasar el centro de Trafalgar Square y que los turistas tampoco lo hacían. El modelo de movilidad peatonal desarrollado por el equipo de Space Syntax Ltd. en Londres permitió identificar de manera rápida las problemáticas en la totalidad del área abarcada por el plan maestro. Utilizando esta información, se elaboraron soluciones de diseño para abordar estas cuestiones (Dursum, 2007).

Las observaciones empíricas de las actividades de las personas y el análisis espacial de sintaxis evidenciaron que la mayoría del tránsito peatonal ocurría en los perímetros de la plaza. Se identificaron dificultades en la accesibilidad a la plaza y se identificó que los cruces de calles representaban un riesgo para la seguridad (Dursum, 2007).

Además, solo se podía acceder al corazón de Trafalgar Square a través de puntos de entrada que constaban de dos escaleras a lo largo de una pared y que daban la espalda a los puntos de entrada de la plaza.

Figura 2.

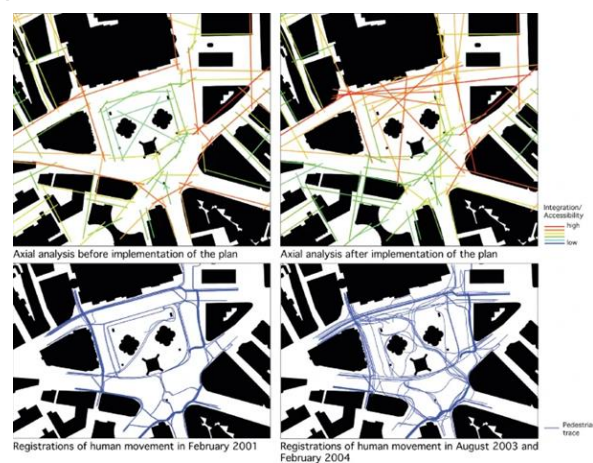
El desafío espacial y la estrategia de diseño para Trafalgar Square.



Nota: El gráfico resalta cómo la dinámica de movimiento fue dirigida hacia los márgenes del cuadrado debido a la configuración física del espacio (izquierda), y la propuesta de diseño enfatizó el flujo natural a través del corazón del espacio (derecha). Tomado de Space syntax in architectural design. In *6th international space syntax symposium* (p. 01-56). Dursun, P. (2007).

Figura 3.

Representación de un modelo axial la revitalización de Trafalgar Square.



Nota: El gráfico muestra un modelo axial y registros de movimiento de peatones comparando distintas propuestas. Tomado de Space syntax in architectural design. In *6th international space syntax symposium* (p. 01-56). Dursun, P. (2007).

Ambos modelos axiales están correlacionados con los datos empíricos de la sintaxis espacial. El análisis de integración axial global es correlacional con los resultados de las observaciones de las rutas de las personas. Tras la ejecución de las modificaciones de diseño, se experimentó un incremento en la integración espacial de la plaza, y en la actualidad, las personas transitan a través del centro de la plaza de manera más fluida (Dursun, 2007).

Las organizaciones "Space Syntax Ltd." con sede en Londres y el "Space Syntax Laboratory" de la Universidad College London disponen de registros exhaustivos sobre los patrones de movimiento de peatones en diversas zonas céntricas de la ciudad de Londres.

Estos registros se correlacionan con los resultados de los análisis de sintaxis espacial y destacan que cuanto mayor sea el valor de integración numérica, mayor será el número de personas en las calles.

Gracias a este conocimiento, fue posible anticipar cómo la propuesta de diseño urbano para Trafalgar Square podría influir en la cantidad de personas que transitarían por cada camino, pudiendo incrementar o reducir su presencia en determinadas áreas (Dursun, 2007).

Figura 4.

Representación de flujo de peatones de la revitalización de Trafalgar Square.



Nota: El gráfico muestra un modelo de flujos después de la implementación del diseño. Tomado de *Space syntax in architectural design. In 6th international space syntax symposium* (p. 01-56). Dursun, P. (2007).

Para el rediseño de Trafalgar Square, se tuvo que quitar la galería con la escalera anterior para instalar la escalera central, lo que requirió permiso de las autoridades de conversación de Londres. Para la comunicación y negociación en el proceso de toma de decisiones, además de los modelos basados en evidencia, también se realizaron visualizaciones 3D del impacto futuro, incluido el uso de las personas.

El proyecto de Trafalgar Square fue un claro ejemplo de la eficacia de la sintaxis espacial en proyectos de diseño urbano, y desde su renovación, la plaza se ha transformado en un lugar de reunión significativo tanto para los visitantes como para los habitantes locales.

La clave residía en mejorar la accesibilidad a la plaza y "dirigir" el flujo natural de peatones a través de ella, en lugar de que lo

evadieran. Desde el año 2010, Space Syntax Ltd. London ha participado en numerosos proyectos de rediseño, revitalización y mejora de áreas urbanas, abarcando diversas escalas espaciales (Dursum, 2007).

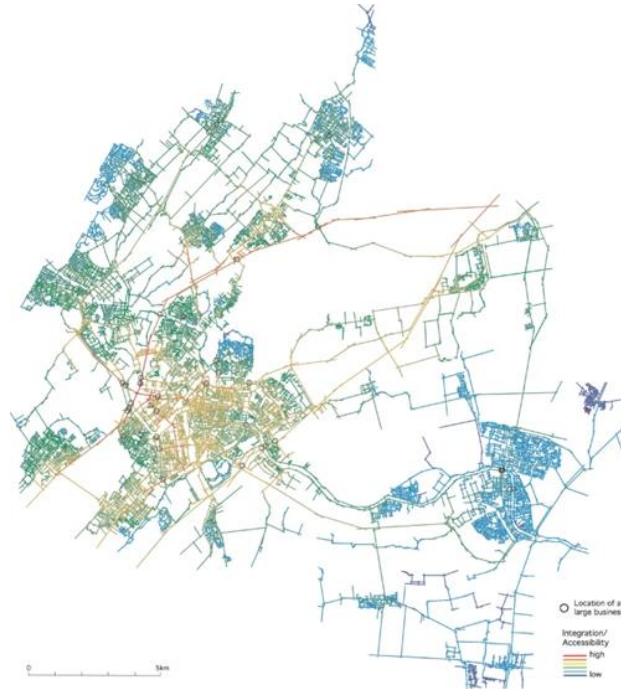
2.1.1.2. Evaluación de una nueva conexión vial a través de la ciudad de Leiden, Países Bajos. El enfoque de la sintaxis espacial se aplicó durante un taller de Brainstorming que tenía como objetivo evaluar diferentes alternativas para la creación de nuevos vínculos viales en la ciudad de Leiden, ubicada en los Países Bajos, durante el año 2005 (Van Nes, 2007). Este proyecto se inició con la participación de múltiples actores, incluyendo investigadores de la Universidad Técnica de Delft, diseñadores urbanos y representantes de la provincia, los municipios y el Ministerio de Vivienda de los Países Bajos (VROM).

El enfoque de los análisis de sintaxis espacial fue probar nuevos enlaces de carreteras propuestos en el que podrían afectar los centros potenciales de la ciudad.

A lo largo de un período de dos décadas, los encargados de la toma de decisiones en la región habían estado discutiendo las opciones y ubicación adecuada para establecer una conexión eficaz de este a oeste. Durante el año 2005, en el taller, se examinaron cuatro propuestas distintas. Como parte del experimento, se llevó a cabo un análisis de integración axial global, tanto para la situación existente (considerada como la referencia inicial) como para las cuatro alternativas diferentes para el nuevo enlace vial llamado W4 (evaluación de opciones) (Dursum, 2007).

Figura 5.

Gráfico de análisis de integración axial global.



Nota: El gráfico muestra un análisis de integración axial global de Leiden con sus municipios circundantes.

El acceso al centro de la ciudad es sencillo desde la carretera del norte, y en esta área se ubica el parque de las Biociencias. Los puntos blancos en el mapa indican las sedes de varias grandes empresas. Estas empresas pueden establecerse en centros urbanos que están bien integrados a nivel local o en nodos estratégicos a lo largo de la carretera.

Figura 6.

El uso de la sintaxis espacial para probar cómo varios nuevos enlaces de carreteras podrían afectar las centralidades en Leiden.



Nota: El gráfico ilustra cómo las estrategias 1 y 2 están asociadas con la revitalización del antiguo centro histórico de la ciudad de Leiden, mientras que las estrategias 3 y 4 promueven la aparición de nuevos centros económicos a lo largo de las carreteras.

La Figura 6, muestra los resultados del análisis de integración axial global indican cómo las diferentes alternativas viales pueden impactar la vitalidad de los centros existentes en Leiden.

La posible ubicación de los nuevos centros económicos se ve afectada por la interconexión del enlace vial con la red de rutas locales principales y la accesibilidad al centro principal de la ciudad a través de este nuevo enlace vial. Los análisis de sintaxis espacial sobre los impactos de varios enlaces viales propuestos en Leiden a

partir de 2005 se llevaron a cabo mediante el enfoque de línea de visión axial. Más adelante, en 2011, la atención se centró en las alternativas 1 y 3.

La provincia de Holanda Meridional respaldaba la opción 3, mientras que los empresarios, a través de su grupo de acción local, defendían la alternativa 1. Esta última consistía en un túnel subterráneo bajo la avenida existente (Churchill Avenue) para el tráfico de paso, mientras que el tráfico local se distribuía por una avenida que conectaba bien con todas las calles circundantes. Los empresarios expresaron preocupación por la posibilidad de perder clientes con la alternativa 3, lo que llevó a la solicitud de un nuevo informe científico que pudieran presentar a los tomadores de decisiones.

Es importante destacar que la alternativa 3 implicaba desviar todo el tráfico de automóviles fuera del centro de la ciudad.

Por lo tanto, en 2011 se llevaron a cabo análisis de sintaxis espacial utilizando ponderación angular, acompañados de una descripción detallada de cómo cada una de las alternativas podría afectar a los diferentes centros locales. Los resultados de la ponderación angular de los segmentos arrojaron conclusiones similares a las de los análisis de 2005: la alternativa 1 aumentaría la vitalidad de todos los centros, mientras que la alternativa 3 tendría un efecto contrario (Van Nes y Stolk, 2012).

A pesar de la evidencia proporcionada por los análisis de sintaxis espacial, los tomadores de decisiones optaron por la alternativa 3. Esta elección se alineaba con la práctica de planificación e implementación de construcción de carreteras que se había seguido en las últimas cinco décadas. En ese momento, la sintaxis espacial era poco conocida para los tomadores de decisiones, quienes confiaban en las predicciones de tráfico generadas por ingenieros viales.

2.1.1.3. Simulador para recrear las dinámicas urbanas de Tena con Netlogo, antes de la intervención del espacio público. (2022). En Ecuador, las ciudades amazónicas están creciendo sin un proceso de planificación integral, que evalúe el efecto de las intervenciones del espacio público y considere las mejores opciones de construcción de la infraestructura antes y luego de haber sido implementadas (Andrade Mendoza, 2004), ya que en algunos escenarios esas intervenciones pueden generar impactos negativos.

Siguiendo esta línea se tiene la necesidad de evaluar previamente las alternativas de intervención de la infraestructura urbana y el efecto sobre las dinámicas urbanas y su incidencia en los indicadores de la calidad del espacio público, en ese sentido el presente trabajo de investigación se centra en contribuir en este ámbito tomando como caso de estudio el cantón Tena, la ciudad de Tena y su principal arteria comercial como lo es la avenida 15 de noviembre.

Uno de los principales problemas que afronta la ciudad del Tena es el comercio informal, problemática que se genera por factores como: dificultad de encontrar fuentes de empleo formal, los bajos niveles de asociatividad, la escasez de espacios en los mercados para la comercialización de productos locales, el bajo nivel tecnológico y de formación de los comerciantes informales y el limitado acceso a los créditos del sector financiero. Precisamente en la avenida 15 de noviembre, ubicada en la ciudad de Tena, existen 130 comerciantes informales.

El comercio desarrollado por los vendedores ambulantes se desenvuelve en las calles, por diversos motivos como: la falta de trabajo, ser el único sustento para la familia, por tradición familiar y para mejorar ingresos sus ingresos ya que los que poseen por otras

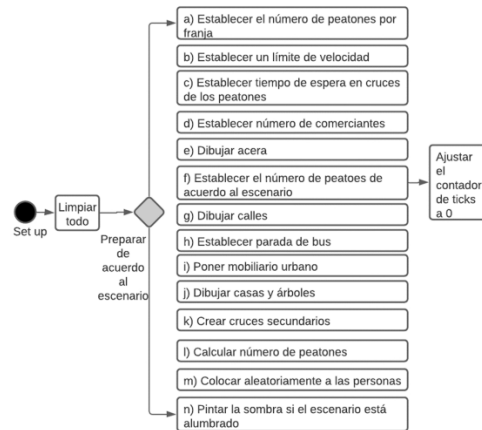
actividades laborales no sustentan todos sus egresos (GAD Municipal de Tena, 2021; Cámara Provincial de Napo, 2019).

El propósito del presente trabajo es desarrollar en el software Netlogo (Wilensky, 1999) una herramienta que pueda recrear el impacto de las intervenciones urbanas en las dinámicas de la ciudad y a la vez medir su incidencia en la calidad del espacio público, previa a la intervención; tomando como lugar de estudio la principal arteria económica de Tena capital de la provincia de Napo, la cual guarda similitud en ciertos patrones y problemáticas sociales, culturales, ambientales, gastronomía, movilidad, climáticos, de flora y fauna con el resto de las ciudades amazónicas (López et al., 2019).

En la figura 7, se presenta el diagrama de flujo que prepara el modelo para la simulación; en la figura 8, se presenta la estructura general del funcionamiento del modelo cuando empieza a correr, se presentan los diagramas de flujo para la construcción de las subrutinas utilizadas en la construcción del modelo inicial del sector más comercial de la ciudad de Tena en NetLogo, dentro de los diagramas se utiliza el término “tick” como un parámetro para medir el avance del tiempo dentro de las simulaciones.

Figura 7.

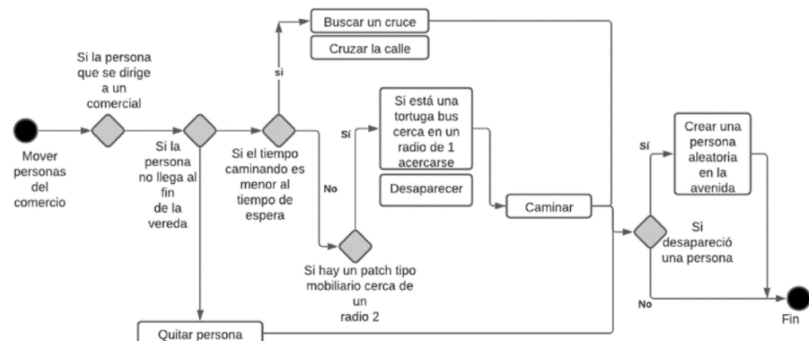
Diagrama de flujo del proceso de preparación del modelo (previo a ser ejecutado).



Nota: Diagrama de flujo del proceso de preparación del modelo (previo a ser ejecutado).

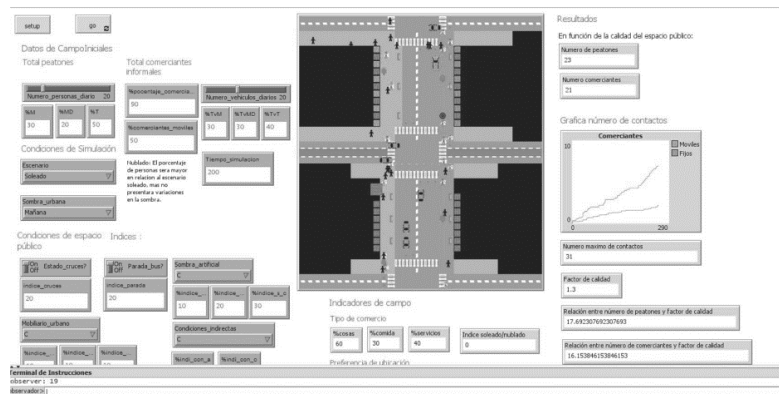
Figura 8.

Diagrama de flujo para movilizar las personas que encuentran en un área comercial.



Nota: Diagrama de flujo para movilizar las personas que se encuentran en un área comercial.

Entre los resultados más destacables, se obtuvo la estructura que permitirá construir un modelo en el software Netlogo de las ciudades amazónicas del Ecuador. Así, en el sector más comercial de Tena, como lo es la avenida 15 de noviembre, que se enfoca en describir la dinámica urbana, y constituye una herramienta para definir las mejores alternativas antes de intervenir el espacio público.

Figura 9.*Interfaz gráfica del modelo en Netlogo*

Nota: Interfaz gráfica del modelo en Netlogo.

2.1.3. Antecedentes locales

No se encuentra antecedentes investigativos locales al respecto investigativo.

2.2. Bases Teórico-científicas

2.2.1. The Syntax Space: Definiciones de Espacio Urbano

La sintaxis espacial, concebida en la década de 1970 por Bill Hillier y su equipo en The Bartlett School of Architecture, University College London, representa tanto una teoría como un método para explorar las relaciones espaciales. En un sentido más amplio, abarca un conjunto de técnicas que pueden aplicarse de forma independiente o en diversas combinaciones (Hillier y Hanson, 1984, p. 176).

También se ha definido como un modelo matemático de la red de calles, originado en la teoría de grafos, utilizado para calcular relaciones espaciales topológicas (Van Nes; Yamu, 2021, p. 20). Inicialmente, estos cálculos se realizaban manualmente. Sin

embargo, en la década de 1980, el aumento en la capacidad de procesamiento de computadoras y el desarrollo de software permitieron el cálculo de modelos más complejos, incluyendo las interrelaciones entre todas las calles en pueblos y ciudades más grandes (Van Nes; Yamu, 2021, p. 20).

Antes del cambio de milenio, se calculaban relaciones topológicas que incorporaban pasos sintácticos para explicar cómo se relaciona cada calle con las demás en términos de cambios de dirección (Van Nes; Yamu, 2021, p. 20). Después del cambio de milenio, se introdujeron ponderaciones angulares entre segmentos de calles y radios métricos, lo que permitió el cálculo de áreas metropolitanas aún más extensas. Además, el uso de sistemas de información geográfica (GIS) ha aumentado desde entonces, y su importancia sigue creciendo en el contexto de la sintaxis espacial, ya que permite incorporar conjuntos de datos extensos para ciudades y regiones (Van Nes; Yamu, 2021, p. 20).

A pesar de que la sintaxis espacial se considera a menudo como un enfoque morfológico (Whitehand, 2018), difiere de la tradición morfológica tradicional en la forma en que define y cuantifica los elementos espaciales (p. 99). La sintaxis espacial no se centra en las formas físicas de los objetos, sino en los espacios entre ellos y cómo se conectan con todos los demás espacios en el entorno construido (Hillier y Hanson, 1984).

Muchos estudios combinan el análisis de sintaxis espacial con datos de morfología urbana, como la densidad de edificios, la altura de los edificios y la diversidad de uso del suelo (Yamu y Voigt, 2011; Ye y van Nes, 2014). La sintaxis espacial ofrece una teoría y un método para describir y cuantificar las propiedades espaciales del entorno construido que influyen en las actividades socioeconómicas (Jacobs, 1960).

Para comprender la relación entre los factores físicos del entorno construido y la vida social en las ciudades, es fundamental tener una comprensión clara del espacio físico. Dado que las actividades humanas se materializan en el espacio, la organización de estas actividades tiene un impacto directo en la disposición espacial de una comunidad o asentamiento (Van Nes; Yamu, 2021, p. 20). Por lo tanto, las actividades sociales pueden analizarse en relación con la configuración física del entorno construido, y viceversa, ya que la estructura física y la disposición del espacio arquitectónico afectan el comportamiento humano, lo que a su vez influye en las actividades sociales (Van Nes; Yamu, 2021, p. 20).

Hillier y Hanson (1984) argumentan que el espacio público se origina a partir de la disposición de los edificios, incluyendo posiblemente otras áreas designadas, como jardines y parques. En el contexto de los estudios urbanos, la sintaxis espacial se enfoca principalmente en analizar la configuración espacial o estructura espacial de los espacios públicos y cómo se relacionan con los espacios privados (p.).

2.2.2. Propiedades intrínsecas del espacio.

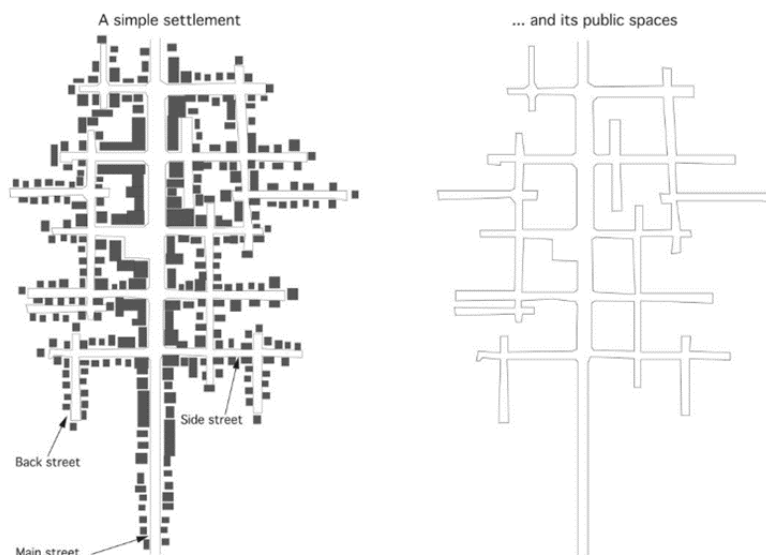
Según lo indicado por (Van Nes; Yamu, 2021), las propiedades intrínsecas son aquellas que se pueden identificar y describir de manera inmediata y fácil. Por lo tanto, muchos métodos convencionales en los estudios urbanos se centran en estas características del espacio, incluyendo el enfoque fenomenológico del lugar de Lynch (1960) y diversos métodos de las diferentes escuelas de morfología urbana (p. 21).

En la figura 10, se ofrece una descripción de las características intrínsecas de una ciudad de ejemplo, denominada ciudad X. El plano de la ciudad X en la figura representa la estructura construida y el ancho de sus calles. La densidad de construcción o el índice de ocupación del suelo a lo largo de la calle

principal es más alta en comparación con otras calles dentro del asentamiento (Van Nes; Yamu, 2021, p. 21).

Figura 10.

Propiedades intrínsecas del ejemplo de la ciudad X



Nota: El gráfico muestra la Morfología del edificio (izquierda) y su patrón de calles ortogonales (derecha) para la ciudad X.

Para comprender las condiciones visibles actuales del entorno construido, es necesario establecer comparaciones con las condiciones del pasado. Este enfoque se alinea con la afirmación de Lynch (1960) de que "la ciudad es una construcción en el espacio, pero a gran escala, algo que solo se percibe a lo largo de extensos periodos de tiempo" (p. 1). Por lo tanto, la historia juega un papel fundamental. Los eventos históricos, ya sean políticos, desastres naturales o condiciones socioeconómicas, influyen en la configuración actual de las ciudades y regiones (Lynch, 1960).

En su obra "L'architettura della città" (Rossi, 1966), se aboga por una reevaluación de la ciudad europea tradicional y se ilustra cómo las ciudades actuales y su tejido urbano son producto del pasado (p.). Por ejemplo, Rossi (1966) muestra cómo el trazado urbano sigue la forma de un antiguo anfiteatro, aunque este último

haya desaparecido, su influencia aún es discernible en la estructura de la ciudad. En este ejemplo, el anfiteatro desempeñó un papel central.

La Figura 11 presenta dos ejemplos de huellas urbanas dejadas por elementos del pasado y cómo han influido en los patrones urbanos actuales y la forma de las ciudades (Rossi, 1966). En el caso de la ciudad de Lucca, aún se puede identificar la huella urbana de un antiguo anfiteatro y cómo ha dado forma a la disposición urbana y a los edificios actuales (Rossi, 1966). Lo mismo ocurre en la Piazza Navona de Roma, donde un antiguo estadio romano ha determinado la forma de la actual plaza urbana, rodeada de edificios (Rossi, 1966).

Comprender cómo las políticas del pasado y las estructuras clave de edificación han contribuido al desarrollo de una ciudad es esencial. Los significados sociales y las percepciones propias están estrechamente relacionados con la configuración construida (Lynch, 1981), y el campo de la morfología urbana se dedica a comprender los cambios en el tejido urbano a lo largo del tiempo (Strappa, 2018). Dado que esto siempre depende del contexto, es difícil establecer declaraciones generales sobre los efectos futuros cuando se consideran únicamente las características intrínsecas del espacio (Van Nes; Yamu, 2021, p. 22).

Figura 11.

Dos ejemplos de huellas urbanas dejadas por elementos primarios del pasado



Nota: El gráfico muestra la influencia de un anfiteatro en el patrón urbano de la ciudad italiana de Lucca (izquierda) y la influencia de un antiguo estadio romano en la forma construida de la Piazza Navona en Roma (derecha).

2.2.3. Propiedades extrínsecas del espacio.

El método de sintaxis espacial se enfoca principalmente en las propiedades extrínsecas y examina las relaciones espaciales topológicas en los asentamientos. Describir las propiedades extrínsecas del espacio con palabras puede ser un desafío. Por ejemplo, cuando un visitante en una ciudad pregunta a un residente cómo llegar a la estación de tren, es común que el residente utilice términos como 'aquí', 'allá', 'por aquí' y 'por allá' para dar indicaciones, o incluso podría señalar la ubicación en un mapa (Van Nes; Yamu, 2021).

Si bien conceptos como 'aquí' y 'allí' o 'adentro' y 'afuera' son útiles para describir relaciones espaciales simples, resulta complicado utilizarlos para describir un edificio o una ciudad completa de manera concisa. El lenguaje parece limitado cuando se trata de explicar relaciones espaciales complejas. Por lo tanto, a menudo se recurre a modelos o mapas abstractos para representar y comprender estos sistemas espaciales complejos. Estos modelos,

que pueden abarcar grandes áreas de nuestro entorno, son esenciales para comprender las relaciones espaciales.

La figura xx ilustra las propiedades extrínsecas de los espacios urbanos convexos y forma parte de la representación de estas características. La imagen de la izquierda muestra todos los espacios de acceso público, incluyendo todos los edificios. Por otro lado, la imagen de la derecha representa el conjunto mínimo de líneas axiales para estos espacios, lo que se conoce como 'mapa axial de menor número de líneas' (Turner, 1993). Este mapa ilustra las líneas de visión mínimas necesarias que cubren todos los espacios públicos en un entorno construido. Cabe destacar que los tipos y formas de los edificios no son relevantes en este contexto, ya que el análisis axial se centra en las relaciones espaciales dentro de los edificios.

Figura 12.

Propiedades extrínsecas



Nota: Cómo representar las propiedades extrínsecas del espacio de un asentamiento.

Es necesario simplificar las características externas de los espacios públicos en el entorno construido en unidades abstractas

para revelar sus relaciones espaciales y describir la estructura de estas interacciones.

La Figura 13 presenta una serie de elementos espaciales fundamentales representados de manera esquemática, seguidos de representaciones axiales y una red de grafos. Los nodos, resaltados en negro, representan las calles según su sección (a, b, c y d) que se consideran como punto de partida.

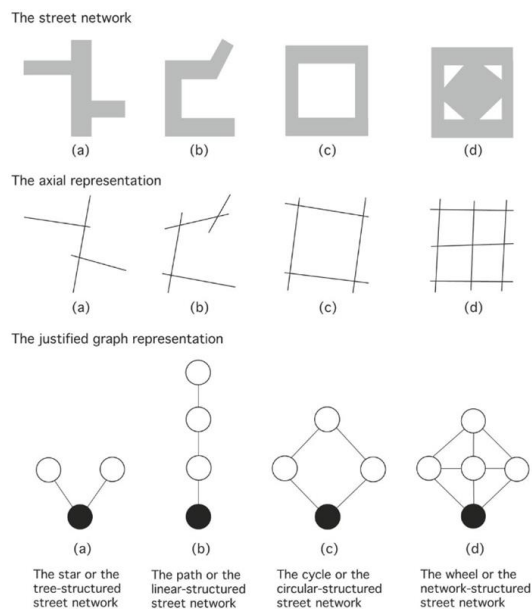
Según la representación axial, la sección (a) muestra una red de calles con una disposición similar a un árbol. Esta calle cuenta con una buena comunicación, una alta integración y una amplia variedad de rutas locales, aunque tiene una baja transitabilidad. Por otro lado, la Estructura B corresponde a un segmento de calle que forma parte de un camino sin calles laterales. Esta estructura lineal tiene una baja conectividad, baja integración y no ofrece opciones locales para otras rutas.

En cuanto a la sección (c), representa un segmento de calle como parte de una ruta circular. Al igual que el camino, el círculo muestra baja conectividad, una integración espacial limitada y pocas alternativas para otras rutas.

No obstante, la sección (d) ilustra el segmento de la calle como parte de una red. En este caso, el segmento de la calle está bien conectado, presenta una alta integración espacial, un alto flujo y ofrece numerosas opciones de rutas alternativas (Hillier, 2019).

Figura 13.

Propiedades extrínsecas representaciones.



Nota: Cómo representar las propiedades extrínsecas del espacio.

Cada una de estas relaciones espaciales elementales se puede expresar mejor en relación con el movimiento en el espacio público urbano. En la red de grafos, la sección (a) implica un movimiento de dirección cero, ya que da lugar a callejones sin salida conectados a la calle.

La sección (b) involucra un movimiento unidireccional, y el concepto clave es el "eje," que permite el movimiento de paso, pero solo en una dirección. Este eje también se considera un sistema espacial no distribuido. Por otro lado, la estructura (c) permite un movimiento bidireccional, y el concepto clave es la "ruta," que habilita movimientos en dos direcciones en un círculo. A diferencia de las dos primeras, la sección (c) representa un sistema espacial distribuido (Hillier y Hanson, 1984, p. 91).

Por último, la sección (d) implica un movimiento multidireccional, y el concepto clave es la "red," que ofrece múltiples posibilidades de movimiento y numerosas opciones de ruta. Es evidente que la sección (d) representa un sistema espacial distribuido.

En términos sociales, la sección (a) genera modelos largos al generar ausencia de movimiento, la sección (b) aleja modelos largos, la sección (c) proporciona acceso a modelos cortos y la sección (d) genera modelos cortos (Hillier, 2019).

2.2.4. La teoría de la combinatoria espacial

Esta teoría se fundamenta en los principios elementales de centralidad, extensión, contigüidad y compacidad. Estos principios espaciales se centran en los aspectos físicos del entorno construido y no abordan la intención, el significado o los recuerdos humanos. La disposición de los espacios públicos y la accesibilidad de las principales vías sin obstáculos físicos son factores que influyen en la evolución gradual de los centros urbanos (Hillier, 1996).

El principio de centralidad sostiene que la ubicación más céntrica de un objeto en un espacio dado contribuye más a la segregación general de ese espacio en particular. Por ejemplo, un edificio ubicado en el centro de una plaza central aumentará la segregación en el vecindario más que si se encuentra en el borde de la plaza. En este último caso, la segregación en el barrio o sector será menor.

Por otro lado, el principio de extensión se refiere a cómo se divide un espacio urbano largo, como una calle larga. El bloqueo de rutas principales largas que conectan el centro de una ciudad con sus afueras contribuye más a la segregación general de la ciudad que el bloqueo de calles locales cortas.

La dimensión de los bloques urbanos también es relevante, donde los bloques urbanos más cortos promueven una mayor integración espacial que los bloques grandes, lo que se relaciona con el principio de contigüidad. En cuanto al principio de compacidad, establece que los edificios largos y rectos segregan más que los edificios largos con formas "curvas".

La teoría de la combinatoria espacial proporciona la base para comprender la centralidad urbana a través del análisis de los diseños espaciales en los entornos construidos. Según Hillier, la centralidad urbana no es un estado fijo, sino un proceso que se sustenta en las disparidades espaciales dentro de una red urbana (Hillier, 1999).

Por lo tanto, el crecimiento de los asentamientos es un proceso dinámico que implica una reorganización de los sistemas espaciales, incluyendo la jerarquía de centros y subcentros o centralidad y periferia. La presencia de múltiples centros de diferentes tamaños, así como la distinción entre centro y periferia, refleja la escala jerárquica de la accesibilidad en un sistema urbano (Yamu, 2004).

2.2.5. La Teoría del Movimiento Natural

La teoría del movimiento natural, también conocida como proceso económico del movimiento natural según Hillier (1996), postula que la disposición de las calles en el espacio urbano ejerce influencia sobre la circulación de personas y la elección de ubicaciones para actividades comerciales en el entorno construido. Existe una relación de causa y efecto entre la estructura espacial de una calle y la cantidad de personas que la transitan, así como la atracción que representa para actividades económicas. Cuanto más integrada esté una calle en términos espaciales, más flujo de personas atraerá y será más atractiva para el establecimiento de negocios (Hillier, 1996).

Este proceso es susceptible de cambios e influencias mediante intervenciones urbanas, como la creación de nuevas conexiones de calles. Esta teoría proporciona una explicación sobre cómo funciona el entorno construido en relación con el movimiento humano y las actividades económicas, independientemente de los procesos de planificación que puedan afectar a estas actividades socioeconómicas.

Es importante destacar que, según esta teoría, no son el movimiento de las personas ni los atractivos urbanos los que determinan la configuración espacial de la red de calles, sino que es la disposición espacial de las calles lo que desempeña un papel decisivo en la circulación de personas y en la selección de ubicaciones óptimas para actividades económicas (Hillier, 1996).

2.2.6. La Teoría del Proceso de Transformación Urbana Natural

Basándose en la teoría del movimiento natural, Van Nes y Ye (Van, 2014) desarrollaron la teoría del proceso de transformación urbana. Esta teoría sostiene que la disposición espacial de las calles y la red vial ejerce influencia sobre el nivel de densidad de construcción y la diversidad de usos del suelo en una zona urbana. Cuanto mayor sea la centralidad espacial general de las calles en diversas escalas, mayor será la densidad de edificaciones y mayor será la diversidad en el uso del suelo. De manera aparente, la configuración espacial de la red de calles, que actúa como base para guiar el proceso de transformación urbana, afecta la diversidad funcional del uso del suelo a lo largo del tiempo.

La teoría del proceso de transformación urbana natural explica cómo funciona el entorno construido sin depender de los procesos de planificación que impongan restricciones en cuanto a los planes de uso del suelo, incluyendo requisitos de densidad y mezcla de usos del suelo (Van, 2021).

2.2.7. Comprender y explicar la red dual.

La teoría del movimiento natural ha proporcionado información valiosa sobre la organización espacial de las ciudades. Según Hillier, las ciudades exhiben una dualidad en su estructura, compuesta por una red de calles de primer plano y una red de calles de fondo.

La red de calles de primer plano funciona como el sistema de conexión principal que enlaza los centros urbanos en todas las escalas y niveles. Estas son las rutas principales que se pueden identificar mediante el análisis de elección angular normalizado con un radio métrico alto. Sin embargo, es evidente que todas las ciudades y pueblos consisten en una gran cantidad de calles cortas y un número muy limitado de calles y carreteras largas. Esto se puede observar a través de las diferentes escalas asignadas a las redes viales de una ciudad (Yamu, 2014).

Hillier explicó que la red de calles de primer plano está principalmente compuesta por calles y carreteras más largas que se conectan con otras calles y carreteras en ángulos muy abiertos. Cuanto más larga sea una vía, mayor será la probabilidad de que termine en una conexión casi recta. Las rutas principales que atraviesan las ciudades en todas las escalas tienden a consistir en un conjunto de vías más largas que se conectan entre sí en ángulos cercanos a los 180 grados. Por otro lado, la red de calles de fondo se compone en gran parte de calles cortas que tienden a cruzarse con otras vías en ángulos cercanos a los 90 grados. Cuanto más corta sea una calle, mayor será la probabilidad de que termine en un ángulo recto. La mayoría de las calles residenciales suelen ser relativamente cortas (Hillier, 2007).

Como resultado de esto, en cualquier ubicación dentro de una ciudad, siempre hay un centro más pequeño y otro mucho más grande en las cercanías, ya que los vecindarios superpuestos se basan en esta proximidad. En relación con la red de calles de fondo, el método de sintaxis espacial solo se puede emplear para describir las características espaciales y contribuir a la comprensión de las particularidades espaciales de diversas culturas (Yamu, 2014).

2.2.6. Modelos computacionales de uso del espacio en diseño arquitectónico y urbano.

Se examina un enfoque metodológico para comprender y analizar cómo se manifiesta el comportamiento espacial humano y el uso del espacio dentro de entornos espaciales claramente definidos. Hillier describe este concepto de comportamiento espacial humano como la "función genérica", la cual se define como las implicaciones espaciales de los aspectos más fundamentales del uso del espacio humano, es decir, la ocupación y el movimiento (Hillier, 2007).

Es importante destacar que el uso del espacio no se refiere necesariamente a actividades específicas prescritas por un programa funcional de un edificio o espacio, sino que se refiere al aspecto fundamental de la actividad espacial humana, es decir, estar en el espacio. Además, cuando se examina el uso del espacio en el contexto de un espacio bien diseñado, se espera que la configuración espacial tenga algún impacto en dicha actividad espacial. Por lo tanto, cuando se lleva a cabo un estudio sobre el uso del espacio dentro del ámbito del diseño arquitectónico o urbano, parte del enfoque del estudio también se centra en cómo las decisiones de diseño pueden influir en el uso del espacio.

El estudio del uso del espacio en espacios diseñados se lleva a cabo con mayor frecuencia después de que se haya completado el proceso de diseño, mediante evaluaciones

posteriores a la ocupación (Zimring y Reizenstein, 1980), que analizan cómo se utiliza efectivamente un espacio ya construido. Estas evaluaciones se han realizado tanto para edificios y espacios interiores (Hadjri y Crozier, 2009) como para espacios exteriores, como áreas públicas urbanas (Gehl Architects, 2004).

Este trabajo es esencial para acumular conocimiento sobre el comportamiento espacial humano, el cual puede ser utilizado en futuros proyectos de diseño. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los resultados de las evaluaciones posteriores a la ocupación no pueden aplicarse directamente al diseño o edificio en cuestión, ya que generalmente ocurren después de la finalización del proyecto y su entrega a los usuarios, momento en el cual es difícil realizar modificaciones en el diseño existente.

A pesar de que las evaluaciones posteriores a la ocupación han sido el método predominante para evaluar el impacto del diseño espacial en el uso del espacio en el campo de la arquitectura, aún es posible llevar a cabo evaluaciones previas a la ocupación que puedan influir en las decisiones de diseño, mediante el uso de modelos.

Es posible desarrollar modelos de interacción entre el espacio y el comportamiento humano basados en observaciones previas y aplicarlos a una representación virtual de un diseño propuesto. Esto permite examinar cómo los futuros ocupantes pueden comportarse dentro del espacio y puede contribuir a informar las decisiones de diseño. Estos modelos se han vuelto más relevantes con el aumento de la potencia informática junto con el uso de software de diseño asistido por computadora (CAD) y modelado de información de construcción (BIM), lo que permite analizar escenarios más detallados durante la fase de diseño.

En el campo del diseño arquitectónico, y específicamente en lo que respecta a la función genérica, se pueden identificar tres enfoques principales de modelado que buscan comprender el uso del espacio en relación con el diseño espacial: metodologías de sintaxis espacial, modelado de peatones y multitudes, y modelos de comportamiento del uso del espacio.

Cabe señalar que estos enfoques a menudo se superponen y se complementan entre sí, y un modelo en particular puede incorporar aspectos de varias categorías. Por ejemplo, un modelo de uso del espacio probablemente incluirá el movimiento de peatones como una de sus funciones clave, o el análisis de la sintaxis espacial puede influir en un modelo de movimiento de peatones, como se ha demostrado en el trabajo de Penn y Turner (2001). A pesar de estas interconexiones, cada enfoque presenta principios únicos, por lo que se describirán de manera independiente para resaltar los avances recientes en la comprensión del comportamiento del uso del espacio humano como resultado del diseño espacial.

2.3. Definición de Términos Básicos

2.3.1. Sintaxis espacial

La sintaxis espacial es una teoría y un conjunto de técnicas de análisis de relaciones espaciales desarrolladas en la década de 1970 por Bill Hillier y sus colegas en The Bartlett School of Architecture, University College London. Estas técnicas pueden aplicarse individualmente o en combinación, según las preguntas de investigación o el diseño urbano y la planificación de sistemas urbanos específicos que se estén investigando (Van Nes, 2021).

2.3.2. Modelo computacional

El Modelo computacional se enfoca en proporcionar a los investigadores de modelos herramientas y métodos necesarios para llevar

a cabo un estudio riguroso de sistemas sociales mediante experimentos controlados, abarcando desde consideraciones metodológicas hasta el desarrollo en sí (Axelrod y Tesfatsion, 2006).

2.3.3. Uso del Espacio

Hillier describe el concepto de comportamiento espacial humano como la "función genérica", definiéndola como las "implicaciones espaciales de los aspectos más fundamentales del uso humano del espacio, es decir, el hecho de la ocupación y el hecho del movimiento" (2007).

2.3.4. Línea axial

Una línea axial representa la línea de visión más larga que indica una ruta de movimiento en un espacio específico dentro del entorno construido. En estudios urbanos, cada línea axial representa un espacio público urbano que se conecta con otros espacios públicos urbanos (Hillier y Hanson, 1984, p. 97).

2.3.5. Campo isovista

Un campo isovista es una representación visual de la vista panorámica que un espectador tiene desde un punto específico en el entorno construido, es decir, su campo de visión. Se puede entender como un registro visual de lo que puede verse en una vista de 360 o 180 grados desde un punto dado (Batty, 2001).

2.3.6. Conectividad

La conectividad se refiere a una medida local estática que indica el número de conexiones que una calle tiene con sus calles vecinas directas. En términos matemáticos, la conectividad es un concepto fundamental de la teoría de grafos, y una calle con numerosas conexiones a sus calles laterales tendrá una alta conectividad, mientras que una con pocas conexiones tendrá una conectividad baja (Hillier, 1984).

2.3.7. Integración

La integración, por otro lado, considera el movimiento y estima el grado de accesibilidad de una calle a todas las demás calles del sistema urbano, tomando en cuenta el número total de cambios de dirección o pasos sintácticos de una entidad urbana (Hillier y Hanson, 1984, p. 104).

La integración axial está estrechamente relacionada con la conectividad, ya que una calle con menos cambios de dirección tendrá una mayor integración. En resumen, una línea axial larga en una zona urbana tendrá una mayor conectividad con otras líneas y, por lo tanto, una mayor integración, y viceversa (Hillier y Hanson, 1984, p. 103).

2.3.8. Análisis gráfico visual (VGA)

El análisis gráfico visual (VGA) es un método que se utiliza para evaluar la intervisibilidad de espacios urbanos y se basa en la lógica del análisis isovista. Sin embargo, difiere en que se deriva de todas las raíces de cada campo isovista en un ráster dado. El VGA se aplica tanto a la altura de los ojos, lo que las personas pueden ver y como a la altura de las rodillas donde las personas pueden moverse (Turner, 2001).

2.3.9. Modelado basado en agentes (MBA)

En cuanto al modelado basado en agentes (MBA), en el contexto de la sintaxis espacial, es una simulación que representa el comportamiento de movimiento individual de los "agentes" en un entorno urbano. Estos agentes toman decisiones sobre su dirección de movimiento en función de la información visual que obtienen del análisis del gráfico de visibilidad, lo que les permite determinar lo que es visible desde una ubicación específica en el mapa (Turner, 2001).

CAPITULO III. Marco metodológico

3.1. Tipo de Investigación

La metodología de esta investigación aplicada es básica por la implementación y propósito directa de producir conocimientos teóricos en situaciones específicas, lo que ha implicado procesos sistemáticos, con la recolección y análisis de los datos cuantitativos y cualitativos, para integrarlos en la discusión, enfocado a las ciencias sociales, con planteamiento teóricos desarrollados, que aportan a profundizar los conocimientos científicos existentes del fenómeno de estudio (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018), el cual aportará en campo urbanístico específicamente en la configuración urbana y el comportamiento humano del espacio público del paseo cívico de la ciudad de Tacna.

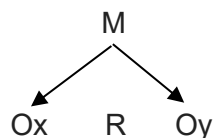
La investigación en cuestión se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, puesto que implica la recopilación de datos provenientes de diversas fuentes y utiliza métodos estadísticos y matemáticos para cuantificar el problema investigado. Este enfoque permite medir de manera objetiva los fenómenos estudiados, lo que a su vez facilita la resolución de problemas, el control de variables, la descripción detallada de los eventos y la capacidad de realizar predicciones basadas en datos numéricos.

3.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental de corte transversal, siendo un estudio que observa condiciones y existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la realiza (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018), no habiendo una manipulación directa de las variables, cuyo propósito es describir e interpretar el estado actual, identificando las variables y categorías, en un tiempo determinado al año 2022. La tesis tiene un enfoque mixto que se llevó a cabo en dos fases, la primera con enfoque cuantitativo para comprobar la hipótesis con un alcance correlacional, resultados que serán profundizados en la segunda fase de mayor comprensión. El modelo gráfico de saber la relación o grado de asociación de las dos variables es el siguiente:

La información científica pertinente para la presente investigación se concluye con utilizar un enfoque cuantitativo de nivel correlacional (habiendo analizado el alcance exploratorio y descriptivo), de tipo no experimental.

Esquema:



M = Muestra de la población

Ox = Observación de la variable x

R = Coeficiente de correlación entre las variables

Oy = Observación de la variable y

Para comprender este esquema se entiende que M es la muestra de la población en la que se realiza el estudio y las variables se representan en X e Y, indicando la relación entre ambas a través de los resultados obtenidos.

3.3. Nivel de Investigación

El propósito de la investigación es de nivel correlacional se distingue las variables y después, mediante las pruebas de hipótesis correlacionales y aplicación de la estadística, se estima la correlación, porque asocia las variables de estudio cuya información cuantitativa servirá para la manipulación de las variables, siendo no experimental y por el período es transversal, siendo la estrategia un diseño mixto (alcance cuantitativo y cualitativo), con el fin de integrar datos que generen un nuevo conocimiento.

Se considera el enfoque cuantitativo será correlacional, el cual tendrá más peso utilizando herramientas para la recolección de datos con instrumentos cuantificables, siendo el alcance descriptivo donde se miden o recolectan datos y nos reportan información para describir las características más notorias. Para la correlación se midió el grado de relación que existen entre las variables independiente y dependiente y con el alcance explicativo se manifiesta las condiciones de que manera se relacionan las variables.

3.4. Identificación y operacionalización de las variables

3.4.1. Identificación de la variable independiente

3.4.1.1. Indicadores del Sintaxis Espacial

- Movimiento de Peatones y Vehículos
- Comportamiento Espacial
- Conectividad
- Integración
- Choice (Elección):

3.4.1.2. Indicadores del Modelo Computacional de uso del Espacio

- Análisis Grafico de Visibilidad (VGA)
- Modelo Basado en Agentes (MBA)

3.4.2. Identificación de la variable dependiente

3.4.2.1. Indicadores de Grado de Correlación

- Inteligibilidad (Conectividad – Integración)
- Correlación (Integración - Movimiento de Peatones Y Vehículos).
- Correlación (Choice - Movimiento de Peatones Y Vehículos).
- Correlación (Comportamiento Espacial – VGA)
- Correlación (Movimiento de Peatones – MBA)

3.4.3. Operacionalización de las variables

El presente estudio cuenta con dos variables: Sintaxis espacial (Space Syntax) y Modelo Computacional de uso del Espacio.

Tabla 1.*Matriz de Operacionalización de la variable independiente*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	indicador	Herramientas
Sintaxis Espacial	La sintaxis espacial es una teoría y método de análisis de relaciones espaciales, que pueden ser aplicadas individualmente o combinados en sistemas urbanos específicos que estén siendo estudiados (Hillier, 1987).	La variable se operacionalizó con el uso de dimensiones e indicadores, de manera que se hizo posible la aplicación de diferentes instrumentos para analizar el paseo cívico de la ciudad de Tacna incorporando la teoría Sintaxis Espacial como criterio urbanístico.	Uso	Movimiento de Peatones y Vehículos	- Plano Catastral - Depth Mapx
				Comportamiento Espacial	
			Espacio	Conectividad	
				Integración	
Modelo Computacional De uso del espacio	Los modelos propuestos tienen como objetivo simular el comportamiento espacial de los usuarios en una plaza en función de las condiciones del entorno construido. (Van Nes, 2021).	La variable se operacionalizó con el uso de dimensiones e indicadores, de manera que se hizo posible la aplicación de diferentes instrumentos para analizar el paseo cívico de la ciudad de Tacna incorporando la teoría Sintaxis Espacial como criterio urbanístico.	Visibilidad	VGA (Análisis Grafico de Visibilidad)	- Depth Mapx - Software Qgis
				MBA (Modelo Basado en Agentes)	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 2.*Operacionalización de la variable dependiente*

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Herramientas
Grado de Correlación	Las representaciones de diseños (como gráficos convexos, axiales o de visibilidad) y el análisis topológico tiene una correspondencia con la forma en que los humanos conocen el espacio, porque reflejan encarnación (Dalton, 2002).	La variable se operacionalizó con el uso de dimensiones e indicadores, de manera que se hizo posible la aplicación de diferentes instrumentos para analizar el paseo cívico de la ciudad de Tacna incorporando la teoría Sintaxis Espacial como criterio urbanístico.	Correlación de Datos	<ul style="list-style-type: none"> •Inteligibilidad (Conectividad – Integración) <hr/> •Correlación (Integración - Movimiento de Peatones Y Vehículos). <hr/> •Correlación (Choice - Movimiento de Peatones Y Vehículos). <hr/> •Correlación (Comportamiento Espacial – VGA) <hr/> •Correlación (Movimiento De Peatones – MBA) 	<ul style="list-style-type: none"> - Plano Catastral - Depth Mapx -Adobe Photoshop

Nota. Elaboración propia.

3.5. **Ámbito y tiempo social de la investigación:**

Según el Plan de Desarrollo Urbano vigente, la investigación se llevará a cabo en la Ciudad de Tacna, ubicada en la región sur de Perú. El ámbito geográfico se limita al Paseo Cívico de esta ciudad, un espacio público emblemático y representativo de la vida urbana local.

El área geográfica donde se desarrollará del proyecto de investigación, es en el Paseo Cívico de la Ciudad de Tacna, perteneciente al Distrito, Provincia, Región Tacna. El estudio del proyecto de investigación se realiza desde principios del año hasta el mes de octubre del año 2023, el periodo de estudio está determinado en relación al cronograma de la investigación. El área de estudio está comprendida entre los siguientes límites:

Por el Norte : Psje. Libertad

Por el Este : Avenida Bolognesi

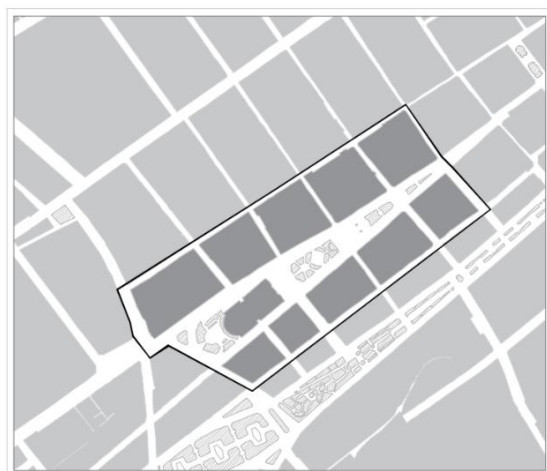
Por el Sur : Avenida Cuzco

Por el Oeste : Calle Zela

A continuación, el plano detallado del área de estudio e intervención

Figura 14.

Ámbito de estudio – Base Catastral de Tacna, PDU (2015-2025).



Nota. El gráfico representa el ámbito de estudio. Tomado de Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Tacna 2015-2025. Ordenanza Municipal, (0019). de Tacna, M. P. (2015).

3.6. Población y muestra

3.6.1. Unidad de estudio

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), se debe determinar la unidad y muestreo o unidad de análisis, por ello se recolectarán datos, que dependen del planteamiento del problema, los alcances de la investigación, las hipótesis y el diseño de la investigación. La unidad de estudio para la fase cuantitativa lo conforman los usuarios (turistas, residentes y comerciantes) del sector de estudio de la ciudad de Tacna comprendidos entre personas y vehículos, siendo un muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia, serán seleccionados por la conveniencia debido a la accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador.

3.6.2. Población

La Población objeto de estudio es la residente y comerciante el paseo Cívico de la ciudad de Tacna y los turistas nacionales e internacionales que recorren los ejes comerciales y de servicios de la Avenida San Martín y sus calles secundarias. Para la población se consideró el distrito de Tacna de los datos consignados por el INEI y para los turistas los datos del MINCETUR. Respecto a la recolección de la información, esta se realizó durante los meses de julio y agosto del 2023. La población es finita, por lo tanto, utilizamos la siguiente fórmula.

$$n = \frac{N * Z\alpha^2 * p * q}{E^2 (N-1) + Z\alpha^2 * p * q}$$

Donde:

n = Tamaño de Muestra a ser estudiada.

Z = Nivel de confianza considerado (para 95% de confianza $Z=1.96$).

E = Margen de error (0.10).

p = Proporción de unidades que poseen cierto atributo ($P=0.50$).

$q = (1-P) = 0.50$

Lo que corresponde a una muestra no probabilística que es tomada de manera intencional, sustentado en estudiar la población que accede directamente al paseo cívico de la Ciudad de Tacna, dando un total de pobladores aproximadamente a quienes son considerados usuarios directos. Se obtuvo la población en un cálculo estimado de pobladores de los lotes aledaños a la plaza que se encuentran dentro de dicho radio de influencia directa, basado en el cálculo de densidad poblacional establecido por Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (MVCS).

Teniendo en cuenta que la velocidad promedio para caminar de una persona es 5km/h, se calcula el radio de influencia según tiempo y distancia, teniendo un recorrido total de 1000 y 2500 metros lineales.

3.6.1. Muestra

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018), se debe determinar la unidad y muestreo o unidad de análisis, por ello se recolectarán datos, que dependen del planteamiento del problema, los alcances de la investigación, las hipótesis y el diseño de la investigación. La unidad de estudio para la fase cuantitativa lo conforman los usuarios (turistas, residentes y comerciantes) del sector de estudio de la ciudad de Tacna comprendidos entre personas y vehículos, siendo un muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia, serán seleccionados por la conveniencia debido a la accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

Tabla 3.

Técnicas e instrumentos de recolección de Datos

TECNICOS	INSTRUMENTOS
Observación	Fichas de observación de campo, elaboradas para recolectar datos de la realidad.
Análisis y recolección de Datos espaciales	Recolección de datos espaciales para el análisis de redes y visibilidad.

3.8. Procesamiento, análisis e interpretación de Datos

3.8.1. Análisis Space Syntax

3.8.1.1. Conteo de Puertas.

Los conteos de puertas de un determinado espacio están relacionados con la cantidad de vías que se conectan de unos a otros, permiten el registro de observaciones de flujos de movimiento de peatones y vehículos en un área urbana.

3.8.1.2. Actividades estacionarias: Estáticas.

Este método registra el patrón de uso del espacio durante momentos a lo largo del día. Este se observará mediante mapeos mentales o recopilación de información mediante un plano base en el cual las personas describen su desplazamiento o recuerden el antes, en plena pandemia y en la actualidad 2021, con las medidas físicas y de distanciamiento social de 2 m.

Este se hace con el fin de encontrar los cambios o nuevas dinámicas sociales, que las personas han adoptado debido a la pandemia, con esto se pueden detectar las afluencias de las interacciones sociales más confrontadas por los usuarios que ocurren de forma natural en el espacio. Se hace uso de un plano a gran escala para anotar categorías y actividades como sentarse,

pararse, moverse e interactuar durante un período de 5 minutos en intervalos regulares a lo largo del día (Al Sayed et al., 2014).

3.8.1.3. Seguimiento de las Personas.

Seguir a las personas o rastrearlas es un método importante para comprender las dinámicas sociales del flujo peatonal que se dispersa o distribuye en un determinado espacio, desde un determinado distribuidor o atractor que hace que este se mueva. Este puede ser utilizado para cualquier contexto urbano como para edificaciones de menor escala Hillier (2007), para poder así descartar posibles rutas alternas pese a las deficiencias morfológicas y las del nuevo comportamiento, los observadores deben elegir personas al azar, cuando se desplazan de un punto A con dirección B.

Es una técnica muy útil cuando se comparan comportamientos de movimiento en un diseño urbano. Por lo general esta observación es dinámica cualitativa, se usa para mostrar comparaciones visuales entre análisis espaciales (VGA) y las trazas de movimiento (Al_Sayed et al., 2014).

3.8.1.4. Análisis Grafico Visual (VGA).

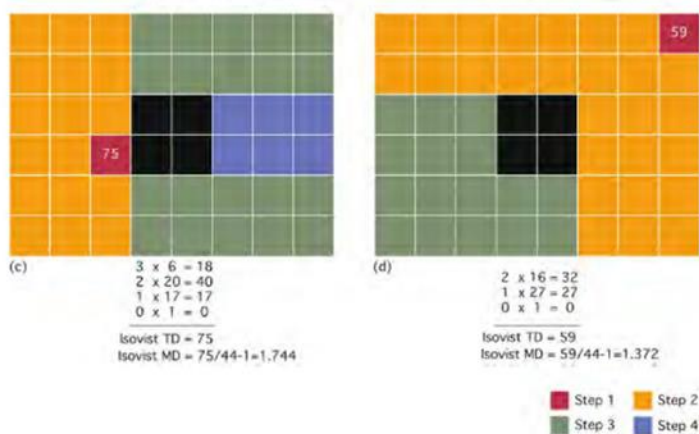
Sobre la base de la lógica de un análisis isovista, el Análisis Gráfico Visual (VGA) integra todos los campos isovistas de todos los puntos de ubicación (raíces) de un espacio determinado. En otras palabras, VGA es un método para analizar las conexiones de inter-visibilidad del espacio urbano (Turner 2007).

VGA es un método basado en ráster. Para cada celda de la cuadrícula se realiza una isovista y se calcula su visibilidad topológica en relación con todas las demás celdas. El VGA calcula cómo se relaciona cada celda con todas las demás celdas de la cuadrícula. Obstáculos como muros, cercas, árboles, etc.,

contribuyen a la profundidad topológica entre varias celdas (Turner 2007).

Figura 15.

A través del análisis de visión: cálculo de la profundidad media



Nota. El grafico representa a través del análisis de visión: cálculo de la profundidad media (DM) para dos celdas raíz diferentes, excluyendo e incluyendo un obstáculo con diferentes posiciones en la cuadrícula. Tomado de Introduction to space syntax in urban studies (p. 250). Springer Nature. Van Nes, A., & Yamu, C. (2021).

VGA se puede aplicar para demostrar la visibilidad de los puntos de entrada estratégicos a una plaza pública y las ubicaciones óptimas para monumentos, fuentes o estructuras temporales en una plaza pública (Yamu et al. 2021).

Este análisis enlaza con los conceptos de vigilancia natural de (Hillier y Shu, 2000) y los “ojos en las calles” de (Jacob, 1960) para generar áreas urbanas seguras.

3.8.1.5. Modelado basado en agentes (MBA).

El modelo basado en agentes de software de Depthmap desarrollado recientemente se basa en cómo las personas realmente se orientan en edificios y áreas urbanas.

A través de pruebas empíricas de cómo las personas se mueven a través de entornos virtuales con ángulos extraños, se encontraron correlaciones significativas entre el comportamiento humano real y los resultados de los análisis de todas las líneas y los análisis de profundidad de puntos. La menor desviación angular de la dirección de uno juega un papel en cómo las personas se orientan a través de entornos construidos (Conroy, 2001).

Por lo tanto, los resultados de este análisis pueden ser útiles para estimar cómo se navegará por los espacios urbanos y los edificios en el futuro, además de cómo se navegaba en el pasado. Asimismo, es posible investigar cómo se comportarán grandes multitudes en un área determinada, o cómo las personas se orientan desde un punto determinado en diferentes franjas horarias. Las personas, están representadas por los llamados “agentes”

CAPITULO IV: Resultados de investigación

Para realización del levantamiento de información y posterior análisis de la sintaxis espacial se procedió a dibujar el plano en formato CAD del sector de estudio diferenciando las áreas construidas con el espacio público. El enfoque que se tuvo para la recolección de datos fue determinar las interacciones espaciales en la puertas o vías principales en el paseo cívico de la ciudad de Tacna, el trabajo de campo para la observación se realizó en el mes de Julio – Agosto del año 2023.

4.1. Ficha evaluativa de Observación

Para esta etapa se desarrolla la ficha evaluativa de observación, con el fin de recoger información académica para la investigación con el levantamiento de datos de campo, para aplicar en el sector de estudio.

Su desarrollo contempla la variable de la sintaxis espacial en perspectiva espacial y a la vez social, por consiguiente, se obtiene datos primarios sin procesar donde se seleccionará los datos relevantes para los análisis posteriores y aplicar pruebas estadísticas.

Para realización del levantamiento de información se procedió a dibujar el plano en formato CAD del sector de estudio diferenciando las áreas construidas con el espacio público. El enfoque que se tuvo para la recolección de datos fue determinar las interacciones espaciales en la puertas o vías principales en el paseo cívico de la ciudad de Tacna.

Figura 16.

Numeración de Vías o Puertas.

VIA	VIA
1	C. Apurimac
2	Av. San Martín - Tramo 01
3	C. Gral Deustua
4	C. Zela - Tramo 01
5	Prof. 28 de Julio - Tramo 01
6	Prof. 28 de Julio - Tramo 02
7	Av. San Martín - Tramo 02
8	Av. San Martín - Tramo 03
9	Prof. 28 de Julio - Tramo 03
10	C. Bolívar - Tramo 01
11	C. Alfonso Ugarte
12	Av. San Martín - Tramo 04
13	Av. San Martín - Tramo 05
14	Arco Parabolico - Lado 01
15	Arco Parabolico - Lado 02
16	Av. Hipólito Unanue
17	C. Zela - Tramo 02
18	C. Cnel Inclán
19	Av. Blondell - Tramo 01
20	Av. Callao - Tramo 01
21	Glorieta
22	Atrio de la Catedral
23	C. Arequipa
24	C. Bolívar - Tramo 02
25	C. Mollendo
26	Av. Callao - Tramo 02
27	Parque las Americas
28	Av. Blondell - Tramo 02
29	C. Francisco Lazo
30	C. Zela - Tramo 03
31	Av. Cusco
32	C. Chiclayo - Tramo 01
33	Av. Callao - Tramo 03
34	C. Chiclayo - Tramo 02
35	C. Bolívar - Tramo 03



Nota: Elaboración Propia

Figura 17.

Foto de la Vía N°15 Arco Parabólico - Lado 02.



Nota: Elaboración Propia

Figura 18.

Foto de la Vía N° 28 Av. Blondell - Tramo 02.



Nota: Elaboración Propia

Figura 19.

Via N° 24 C. Bolívar - Tramo 02



Nota: Elaboración Propia

4.2. Diseño de la presentación de los resultados

Para la fase cuantitativa en el análisis de los resultados, se ha elaborado tablas que presentan los resultados de las respuestas, las mismas que están agrupadas por dimensiones y variables, lo que permite analizar el nivel de percepción de las variables de estudio, por ello se complementa con tablas y gráficos de barras, para el análisis de la normalidad de los datos en ambas variables, con ello se determinó el estadístico paramétrico para comprobar las hipótesis.

- A. Resultados de las fichas de observación y el análisis de redes de la variable de sintaxis espacial.
- B. Resultados de los datos espaciales de la variable independiente Modelo computacional de uso del espacio.
- C. Resultados de la correlación de variables.
- D. Pruebas estadísticas.

- E. Discusión de los resultados.
- F. Recomendaciones

A través de los métodos visuales con las fichas de observación de campo se complementa con tablas y gráficos tipo mapeos.

- A. Mapeo de flujo de personas y vehículos
- B. Mapeo de actividades estacionarias
- C. Mapeo de rutas de peatones
- D. Mapeo de vandalismo en edificio y elementos de la calle

4.3. Resultados

4.3.1. Analisis de la Variable independiente “sintaxis espacial”

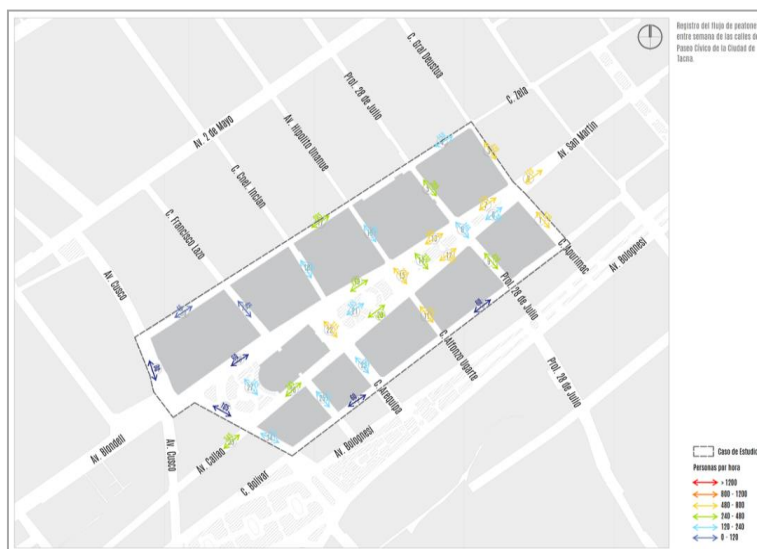
4.3.1.1. Dimension Usos

Se llego a conocer el area de estudio de una perspectiva espacial como social, los datos recopilados son relevantes para los analisis posteriores y comparaciones.

Conteo de puertas

Figura 20.

Mapeo del flujo peatonal

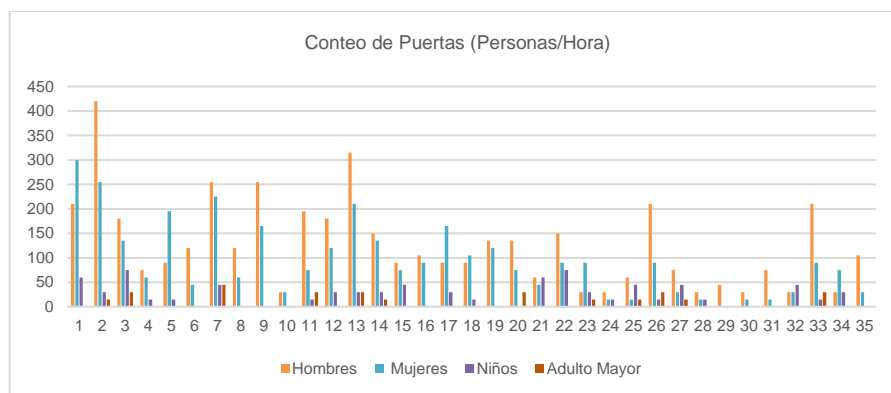


En la figura 15, se observó una cantidad de 8 820 personas/hora que se movilizan en el paseo cívico de la ciudad de Tacna, la mayor parte de las personas que transitan son hombres con un 50% y las mujeres con un 34,27%, esto indica que existe una mayor interacción espacial masculina en el espacio público.

La puerta que posee el mayor flujo de personas es la Vía N° 02 (Av. San Martín - Tramo 01) con una cantidad de 720 personas/hora, en cambio la vía con menor flujo de personas tiene una cantidad de 42 personas/hora perteneciente a la Vía N° 30 (C. Zela - Tramo 03) evidenciando que se percibe zonas menos integradas en el entorno inmediato del Paseo Cívico de la Ciudad de Tacna.

Figura 21.

Cuadro de barras del flujo peatonal (Personas/Hora).



Nota: Elaboración Propia

En la figura 22, se observó que la cantidad de vehículos que transitan en el paseo cívico de la ciudad de Tacna es aproximadamente de 10 710 vehículos/hora, esto indica que existe una mayor demanda vehicular con destino y/o partida.

La puerta que posee el mayor flujo de vehículos es la Vía N° 06 (Prol. 28 de Julio - Tramo 02) con una cantidad de 930

vehículos/hora, en cambio la vía con menor flujo de vehículos tiene una cantidad de 60 vehículos/hora perteneciente a la Vía N° 16 (Av. Hipólito Unanue) evidenciando que se percibe zonas menos accesibles en el entorno inmediato del Paseo Cívico de la Ciudad de Tacna. (Se excluyo las Vías N° 14, 15, 21, 22 y 27 debido a que son vías de uso peatonal).

Figura 22.
Mapeo del flujo vehicular

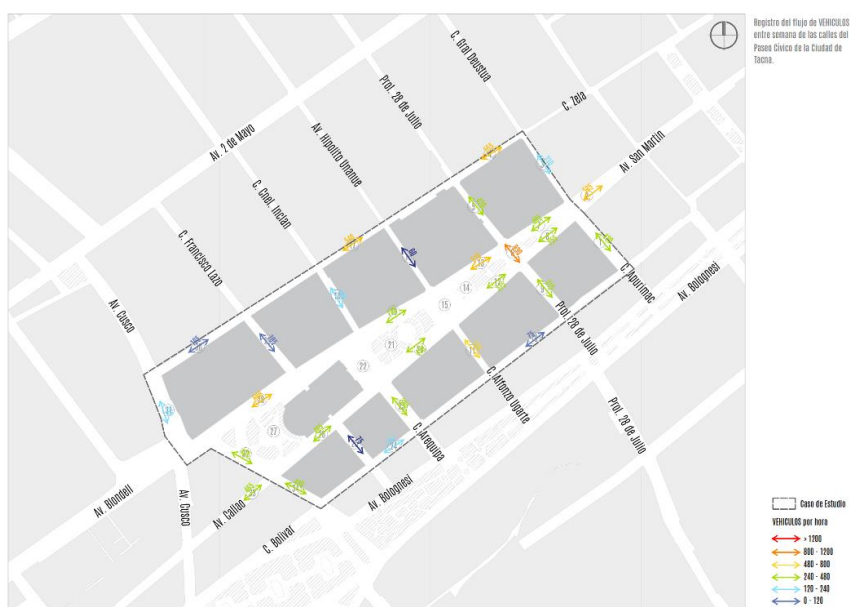
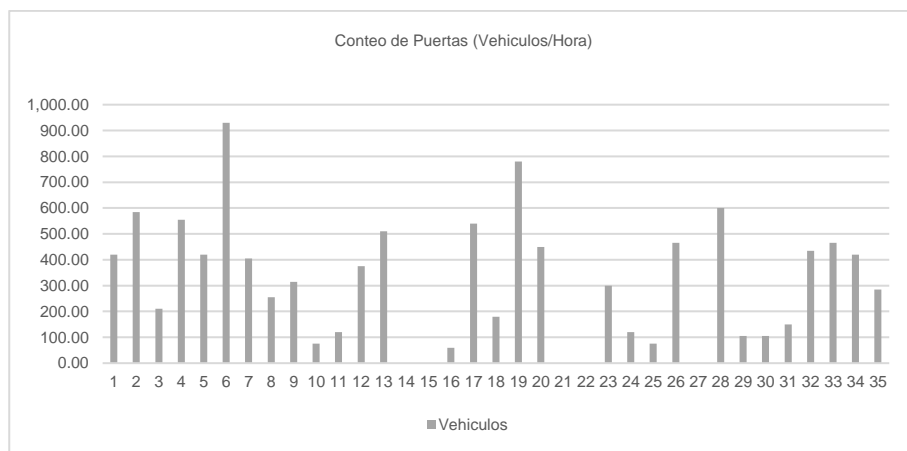


Figura 23
Cuadro de barras del flujo vehicular (Vehículos/Hora).



Nota: Elaboración Propia

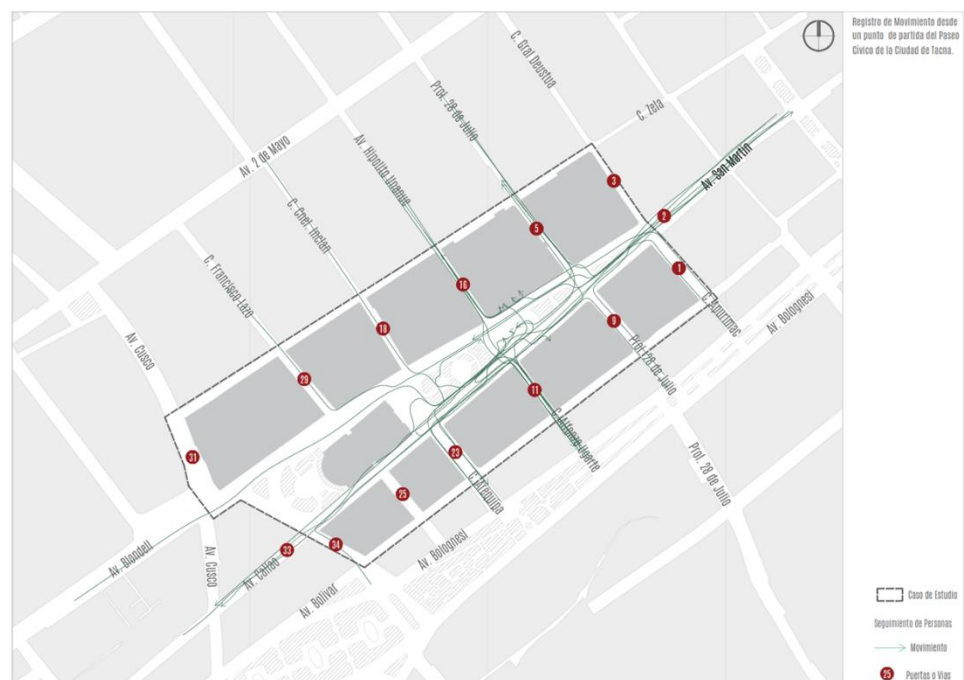
Entendiendo que el Paseo Cívico de la Ciudad de Tacna en si es mayormente transitado por vehículos en un 54.84% en horarios de las 11am – 3pm, debido a la configuración urbana del sector de estudio y como estos espacios urbanos se conectan al resto de la ciudad de Tacna.

Seguimiento de peatones

Al observar el movimiento se relacionas distintas rutas que parte de una vía o puerta hacia una ubicación específica de del sector de estudio, se comprende el movimiento natural en el entorno construido.

Figura 24.

Mapeo de Seguimiento de peatones.

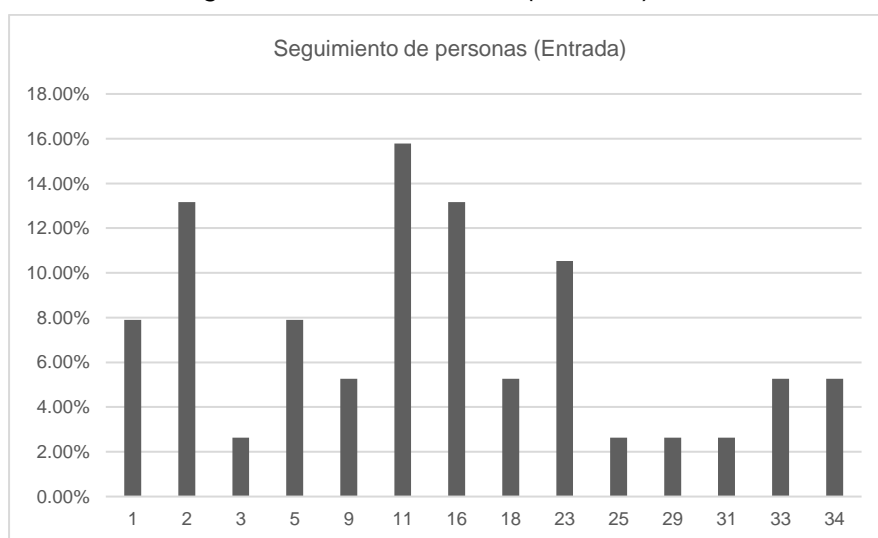


Nota: Elaboración Propia

En la figura NN, se observó una cantidad de 38 personas al azar que realizan recorridos en el paseo cívico de la ciudad de Tacna, la mayor parte de las personas que ingresan al paseo cívico de la ciudad de Tacna con un 15.79% son de la Vía N° 11 y la menor parte de las personas que ingresan al sector con un porcentaje menor o igual a 2.63 % pertenecen a las Vías 3, 25, 29, 31.

Figura 25.

Cuadro de Barras Seguimiento de Personas (Entrada).

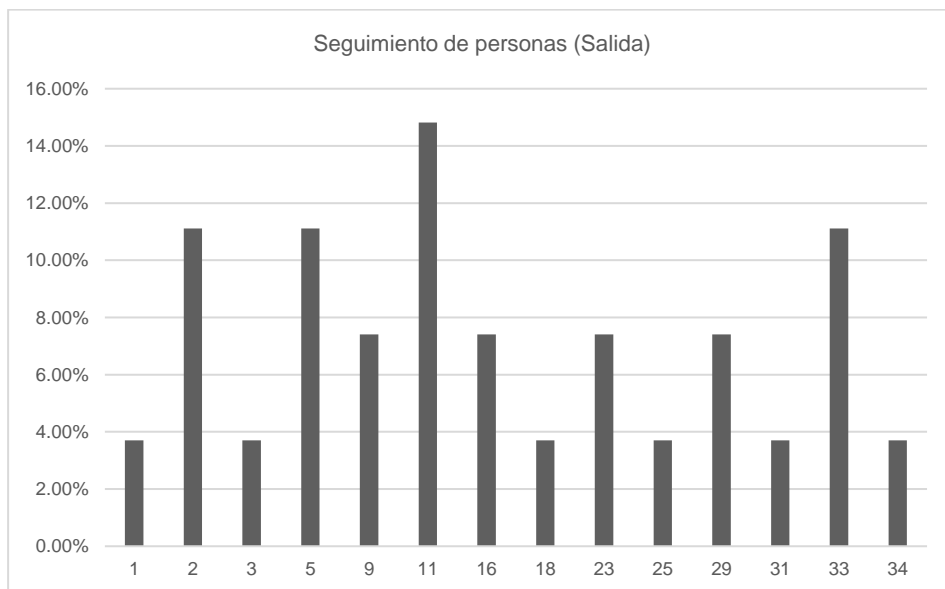


Nota: Elaboración Propia

En la figura NN, se observó que la mayor parte de las personas que salen del paseo cívico de la ciudad de Tacna con un 14.81% son de la Vía N° 11 y la menor parte de las personas que salen del sector con un porcentaje menor o igual a 3.70 % pertenecen a las Vías 1, 3, 18, 25, 29, 31, 34.

Figura 26.

Cuadro de Barras Seguimiento de Personas (Salida).



Nota: Elaboración Propia

Según el mapeo de seguimiento de rutas de peatones se establece que el 28.95% de las personas que ingresan al paseo cívico de Tacna permanecen dentro de espacio público, en cambio el 71.05% de las personas que ingresan siguen su recorrido hacia llegar a otra vía (Salida).

4.3.2. Dimensión Actividades

Actividades Estacionarias.

Se registra la interacción entre varias personas de un espacio público. En la figura NN, se observó una cantidad de 289 personas aproximadamente en distintas horas del día realizan actividades estacionarias en el paseo cívico de la ciudad de Tacna, la mayor parte de las personas que se estacionan están sentadas con un 53% y las personas paradas con un 47%, esto indica que existe una mayor interacción espacial en los mobiliarios urbanos (glorietas y/o bancas) de los espacios abiertos del paseo cívico.

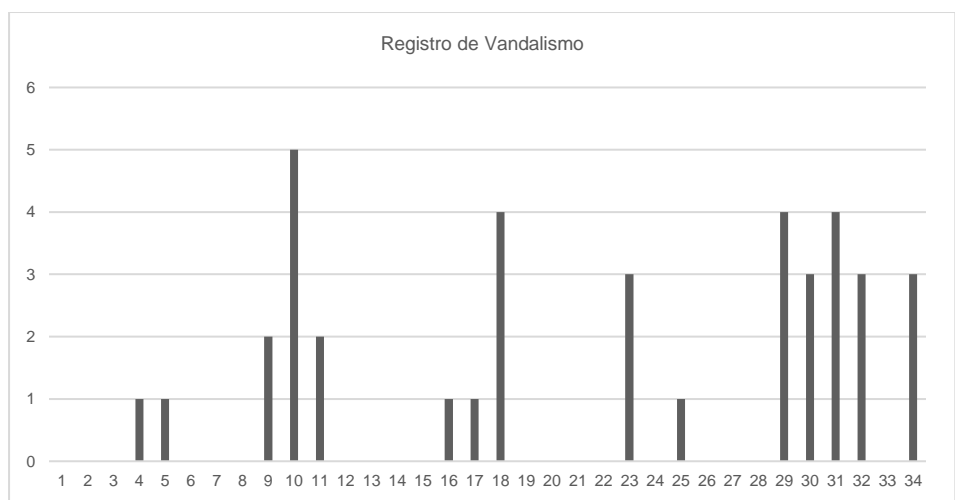
Registro fenotipológico

Figura 28.
Mapeo de Vandalismo



Según el mapeo de Registro fenotipológico se establece en el 44.11% de las Vías del paseo cívico de la Ciudad de Tacna presenta un grado Vandalismo, la Vía que tiene el mayor grado perteneciente a la Vía N° 10.

Figura 29.
Cuadro de registro de Vandalismo





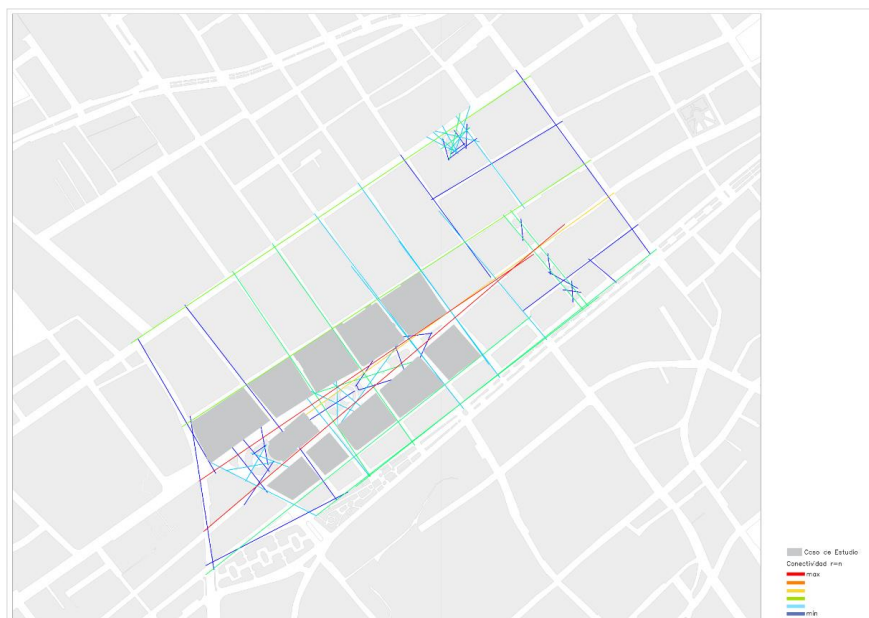
Vía N° 10 C. Bolívar - Tramo 01

4.3.1.1. Dimensión Espacio

Conectividad

Figura 30.

Gráfico del Nivel de Conectividad.



Nota: Elaboración Propia

Tabla 4.*Nivel de Conectividad.*

Supermanzana - Casco Urbano		
Paseo Cívico De La Ciudad De Tacna		
Conectividad	Máximo	2.0
	Mínimo	26.0
	Mediana	7.0
	Varianza	21.42

Nota: Elaboración Propia

En la figura N°, se muestran los resultados de la dimensión de estudio conectividad en donde el 66.18 % de las vías o puertas de la supermanzana el casco urbano está muy conectadas y el 4.41 % de ellas del sector están poco conectadas.

Tabla 5.*Grado de Conectividad.*

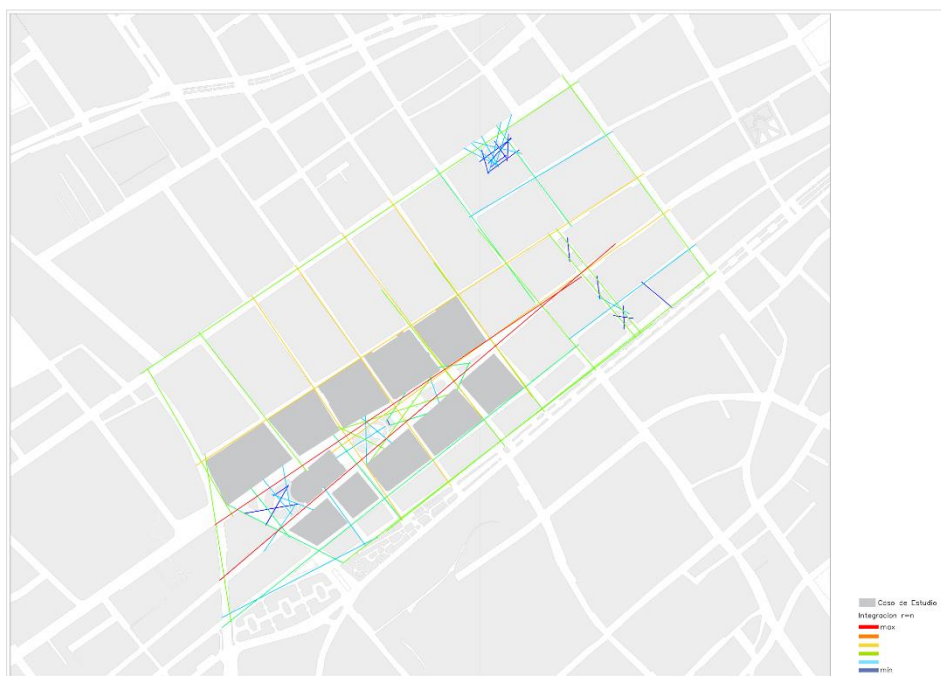
Supermanzana - Casco Urbano			
Paseo Cívico De La Ciudad De Tacna			
	Grado	Promedio	Porcentaje
Conectividad	Muy Conectado	5.31	66.18 %
	Conectado	10.95	29.41 %
	Poco Conectado	24.00	4.41 %

Nota: Elaboración Propia

Integración local

Figura 31.

Gráfico del Nivel de Integración Local.



Nota: Elaborado en Depth Mapx 0.35

Tabla 6.

Nivel de Integración Local.

Supermanzana - Casco Urbano	
Paseo Cívico De La Ciudad De Tacna	
	Máximo 3.78
	Mínimo 1.31
Integración Local	Mediana 2.10
	Varianza 0.36

Nota: Elaboración Propia

En la figura N°, se muestran los resultados de la dimensión de estudio de Integración en donde el 51.47 % de las vías o puertas

de la supermanzana el casco urbano está muy Integrado y el 11.76 % de ellas del sector están poco Integrado.

Tabla 7.

Nivel de Integración.

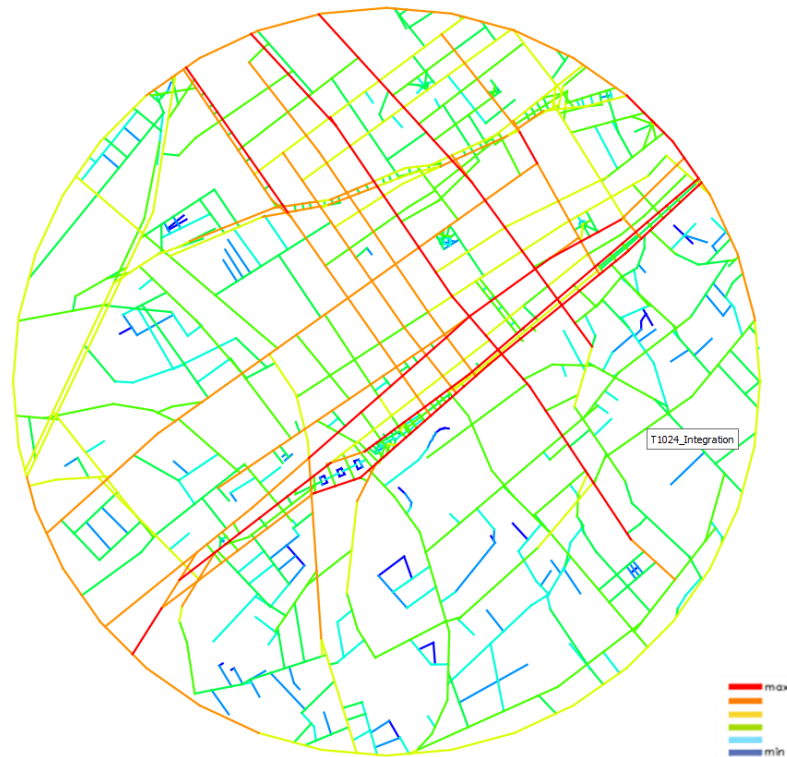
Supermanzana - Casco Urbano			
Paseo Cívico De La Ciudad De Tacna			
	Grado	Promedio	Porcentaje
Integración Local	Muy Integrado	1.7270	51.47 %
	Integrado	2.5522	36.76 %
	Poco Integrado	3.2974	11.76 %

Nota: Elaboración Propia

Integración Global.

En el análisis de integración global, se observa que las líneas más integradas, con color rojo, corresponden a las vías de mayor conectividad del sector. Entre estas vías es preciso recalcar la existencia de la autopista y de la alameda como vías que tiene una relevancia significativa en la conectividad urbana.

Figura 32.
Mapa de Integración Global.

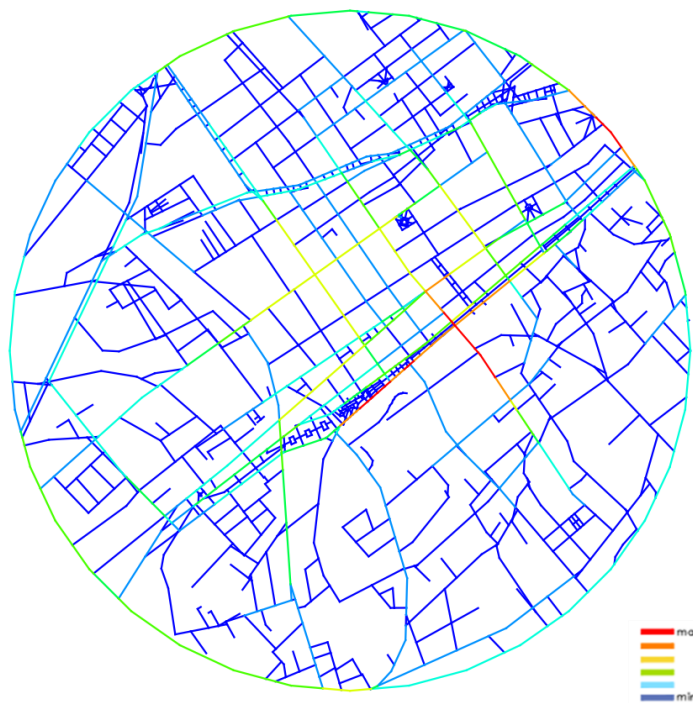


Nota: Elaborado en Depth Mapx 0.35

Choice

Este análisis representa una jerarquía de rutas urbanas, describiendo como se establecen las vías conectadas identificando las redes de potencial movimiento.

Figura 33.
Mapa de Choice Global.

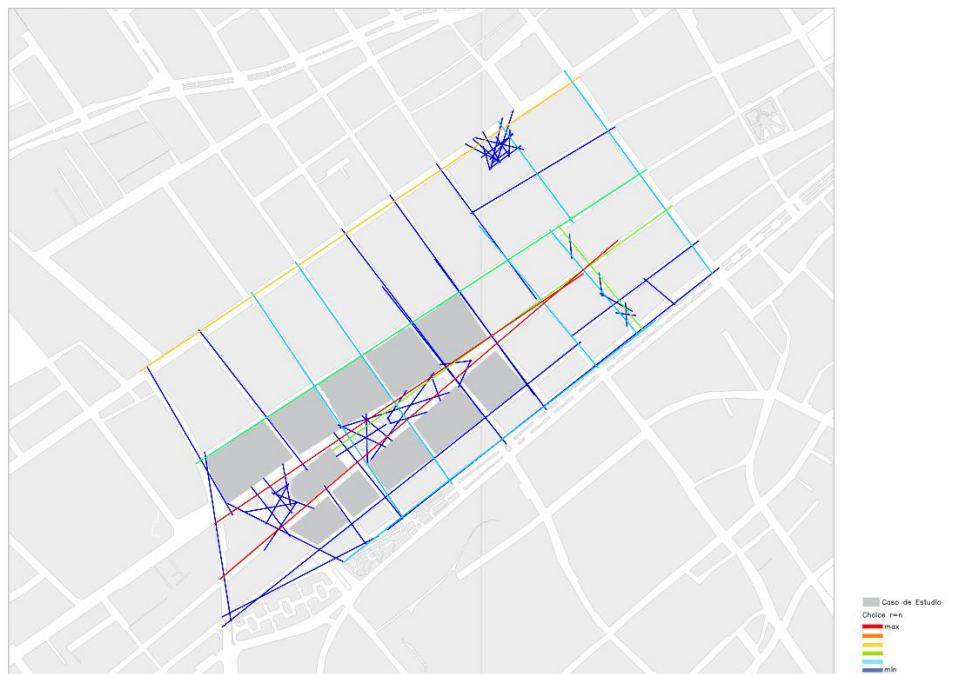


Nota: Elaborado en Depth Mapx 0.35

En la figura 21, se relaciona mayormente con las principales rutas de las diferentes empresas de transporte, teniendo en cuenta los minimos cambios de dirección para establecer una ruta de general.

Figura 34.

Gráfico del nivel de Choice local.



Nota: Elaborado en Depth Mapx 0.35

Tabla 8. Nivel de Choice.

Supermanzana - Casco Urbano		
Paseo Cívico De La Ciudad De Tacna		
Choice	Máximo	567.0
	Mínimo	0.0
	Mediana	20.5
	Varianza	13544.23

Nota: Elaboración Propia

En la figura N°, se muestran los resultados de la dimensión de estudio de Choice en donde el 4.41 % de las vías o puertas de la supermanzana el casco urbano presenta un grado alto y el 91.17 % de ellas del sector presentan un grado bajo.

Tabla 9.
Grado de Choice

<i>Supermanzana - Casco Urbano</i>			
<i>Paseo Cívico De La Ciudad De Tacna</i>			
	Grado	Promedio	Porcentaje
Choice	Alto	501.66	4.41
	Medio	298.66	4.41
	Bajo	32.37	91.17

Nota: Elaboración Propia

4.3.2. Analisis de la Variable independiente “Modelo computacional de uso del espacio”

4.3.2.1. Dimension Visibilidad

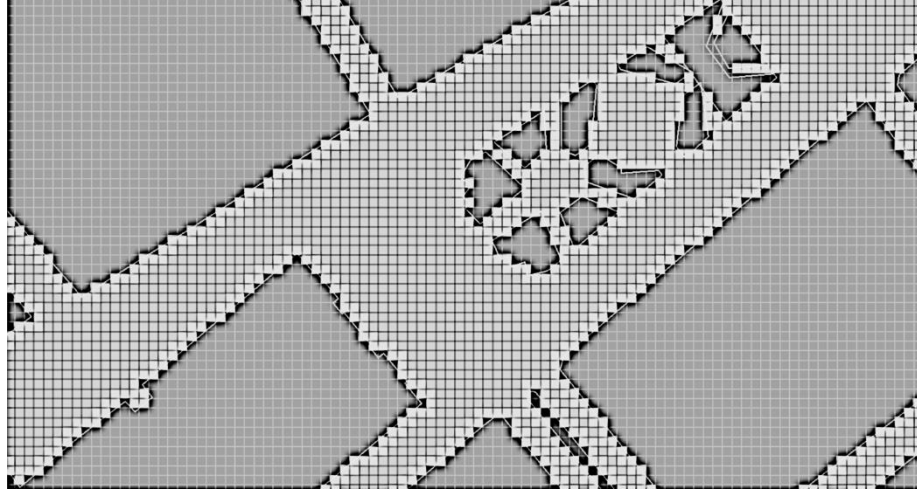
Analisis De Visibilidad Grafica (VGA).

Para realizar este análisis, se llevó a cabo la creación de una cuadrícula en un espacio determinado, con una separación de 2 metros. La escala de importación en el programa AutoCAD influyó en la forma en que se procesó este análisis. Se tomó como punto de partida un plano importado en formato DXF.

Luego, esta cuadrícula delimitó la disposición espacial de los subespacios, lo que resultó útil para la visualización de los resultados del análisis. La cuadrícula se coloreó para representarla gráficamente y facilitar la generación del análisis de VGA relacionado con la conectividad, así como la integración visual (HH). Se abrió la posibilidad de correlacionar los datos de ambos resultados.

Figura 35.

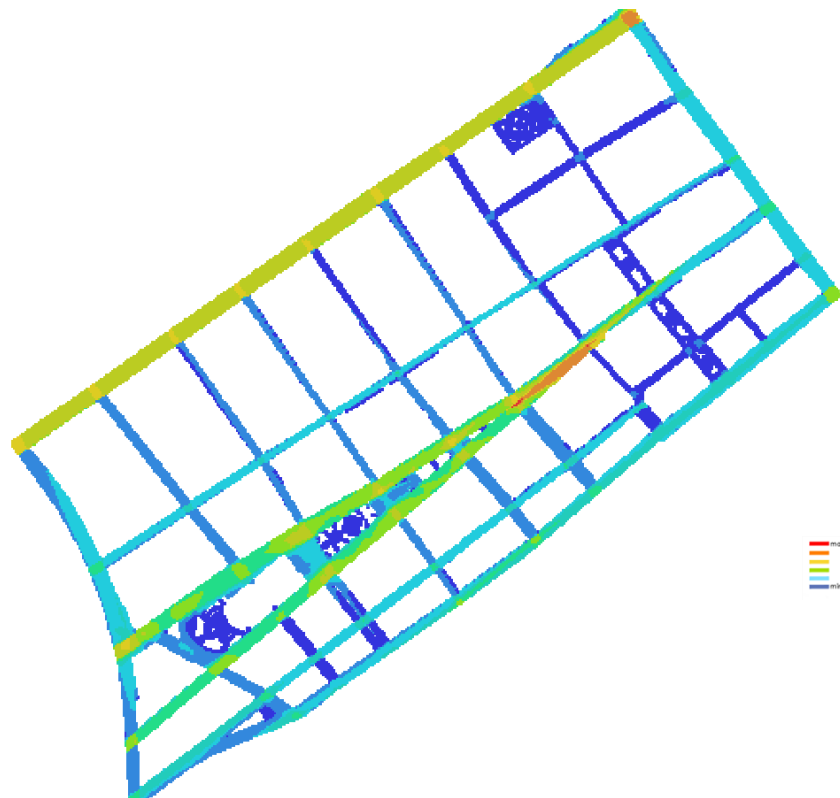
Cuadrícula cada 2 m de VGA.



Nota: Elaboración Propia

Figura 36.

Mapa de Visibilidad Grafica.



Nota: Elaborado en Depth Mapx 0.35

De este análisis, del mismo modo que el de conectividad axial se obtuvo una data cruzada entre la conectividad del primer análisis por interacciones en cada polígono convexo del espacio, que en realidad esto se adoptó al Análisis de Visibilidad de Gráficos el cuál divide el espacio en muchas más celdas o partes que distribuye el espacio, por lo tanto dentro de este cruce de variables, por conectividad para el año 2023, se tiene un mínimo de 9.0 conexiones y un máximo de 4957.0, esto a partir de una cuadrícula que se generó a 2m de distancia entre cada espacio, siendo la Vía de mayor visibilidad la Vía N° 02 Av. San Martín - Tramo 01.

Tabla 10.

Nivel de VGA.

<i>Supermanzana - Casco Urbano</i>		
<i>Paseo Cívico De La Ciudad De Tacna</i>		
VGA	Máximo	4957.0
	Mínimo	9.0
	Mediana	1304.0
	Total	23255

Nota: Elaboración Propia

4.3.2.1.1. Modelo Basado En Agentes (MBA).

Se hizo un análisis de gráficos de Modelado Basado en Agentes, este se modeló a partir de una base de Análisis de Visibilidad de Gráficos VGA, y se construyó con base al conteo de puertas, y los espacios más integrados, referenciales de mayor interacción, vías y puertas de interacción.

Estos modelos de agentes son utilizados en un contexto de simulación para comprender y estudiar cómo diferentes tipos de personas se mueven y navegan en un espacio urbano. Cada modelo tiene sus propias características de comportamiento y campo de visión, lo que permite simular diferentes escenarios y observar cómo influyen en los patrones de movimiento de las personas en la ciudad. Los resultados de

estas simulaciones parecen ser coherentes con las rutas de movimiento de la vida real de las personas en dicho entorno construido.

El modelo de Agente es fundamental para adquirir una mejor comprensión de base cognitiva del movimiento natural y probablemente explique la navegación y la orientación.

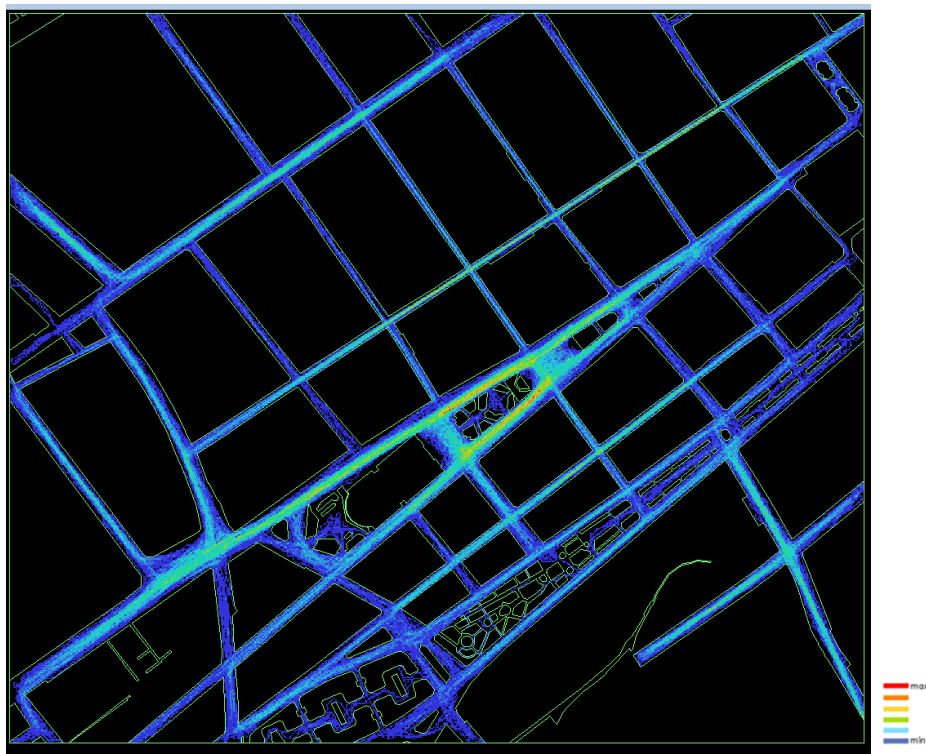
Los parámetros globales determinan la duración del análisis, cuándo, dónde y cuántos agentes son liberados al sistema.

El agente como persona promedio.

Para este desarrollo 5000 agentes tres celdas, antes de tomar una decisión sobre su cambio de dirección en función de su campo de visión. Este campo de visión es de 15°.

Figura 37.

Modelo de agente como persona promedio



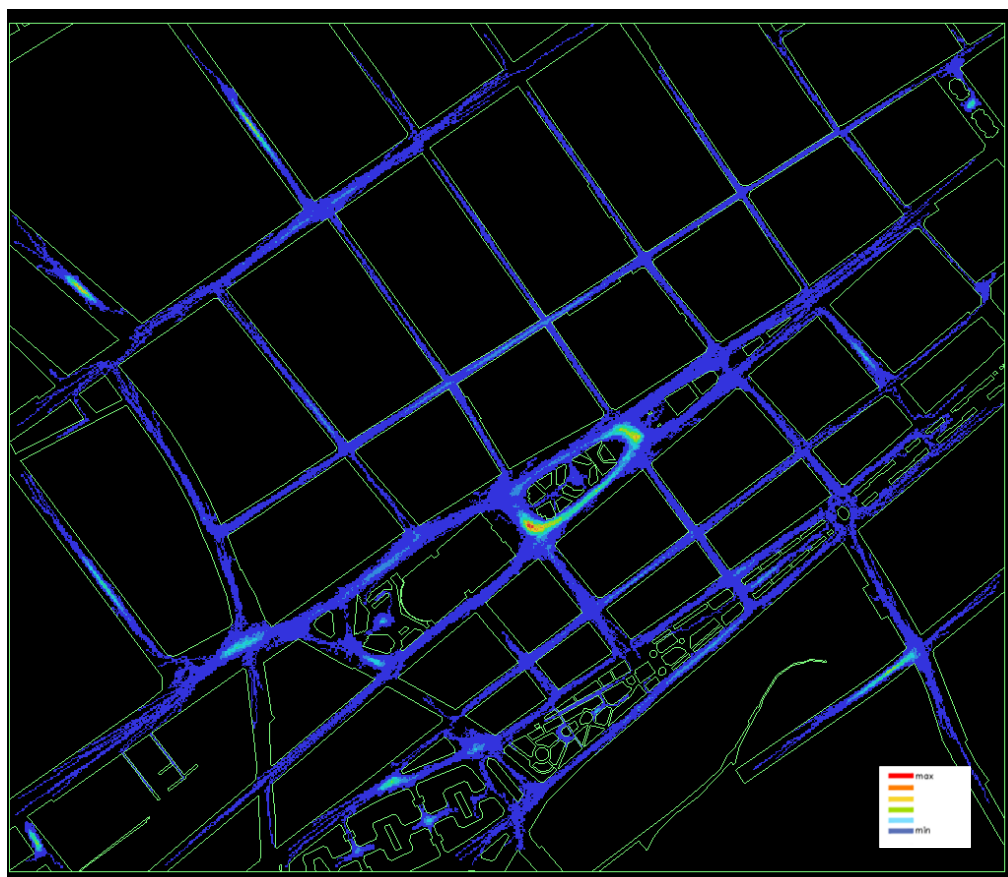
Nota: Elaborado en Depth Mapx 0.70

El agente como turista.

Se amplía el ángulo del campo visual a 30° y se reducen los pasos sintácticos a 1, se produce un patrón de movimiento diferente. Todos los agentes están concentrados en el centro del paseo cívico de la ciudad de Tacna. Este es un patrón de movimiento típico para los turistas.

Figura 38.

Modelo de agente como turista



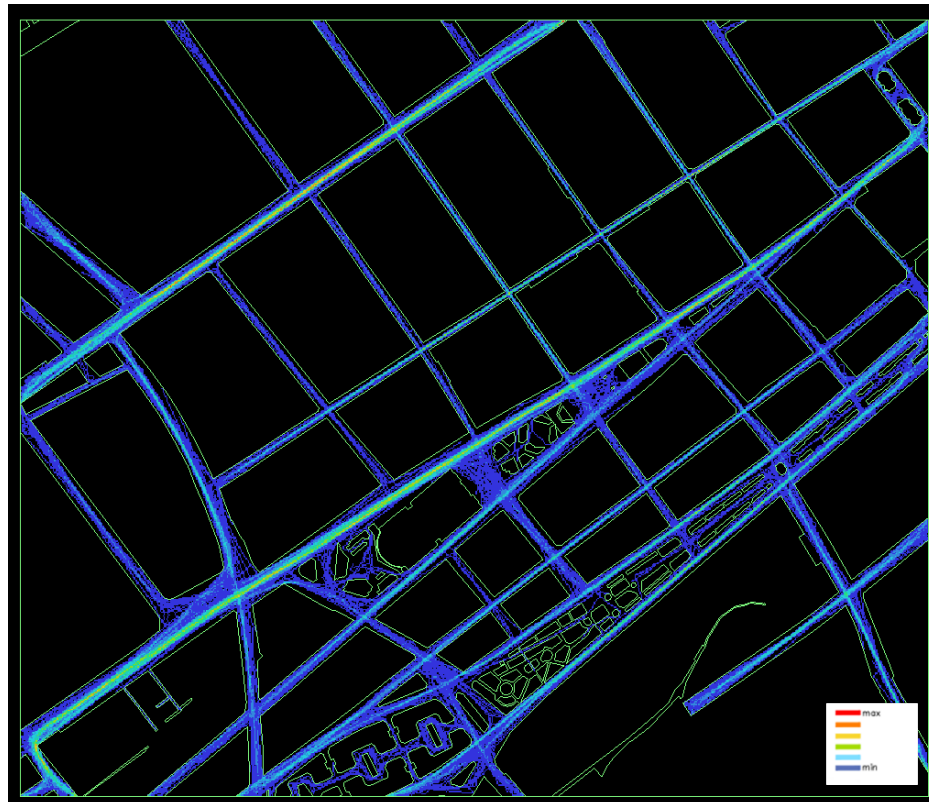
Nota: Elaborado en Depth Mapx 0.70

El agente como un local. Al reducir el ángulo del campo visual a 7° y aumentar el número de pasos sintácticos a cinco, se produce otro patrón de movimiento. Este es el patrón de movimiento de los lugareños. Los locales están familiarizados con su barrio y la ciudad en general, y saben qué ruta tomar para llegar a su destino de manera eficiente sus

líneas de movimiento están enderezadas y no se agrupan en el centro del paseo publico público.

Figura 39.

Modelo de agente como un local



Nota: Elaborado en Depth Mapx 0.70

Los resultados con la configuración de estos parámetros cumplen con el registro de las rutas de movimiento de la vida real de las personas a través de un determinado entorno construido.

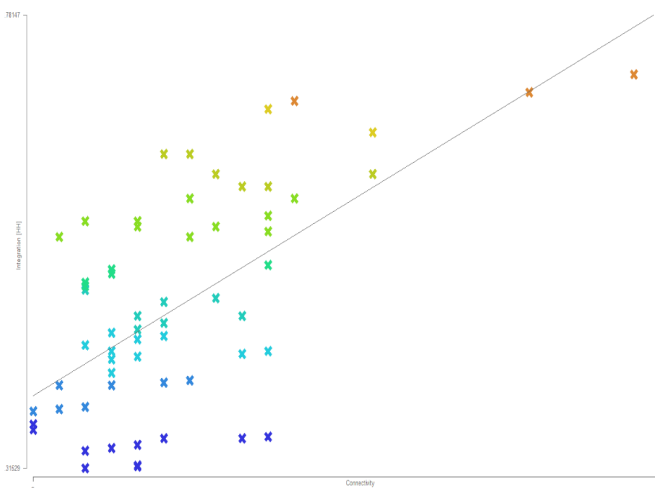
4.3.1. Analisis de la Variable dependiente “Correlación de Datos”

4.3.1.2. Dimension Correlacion de Datos

Inteligibilidad (Conectividad – Integración)

Figura 40.

Gráfico de Dispersión. (Conectividad – Integración)



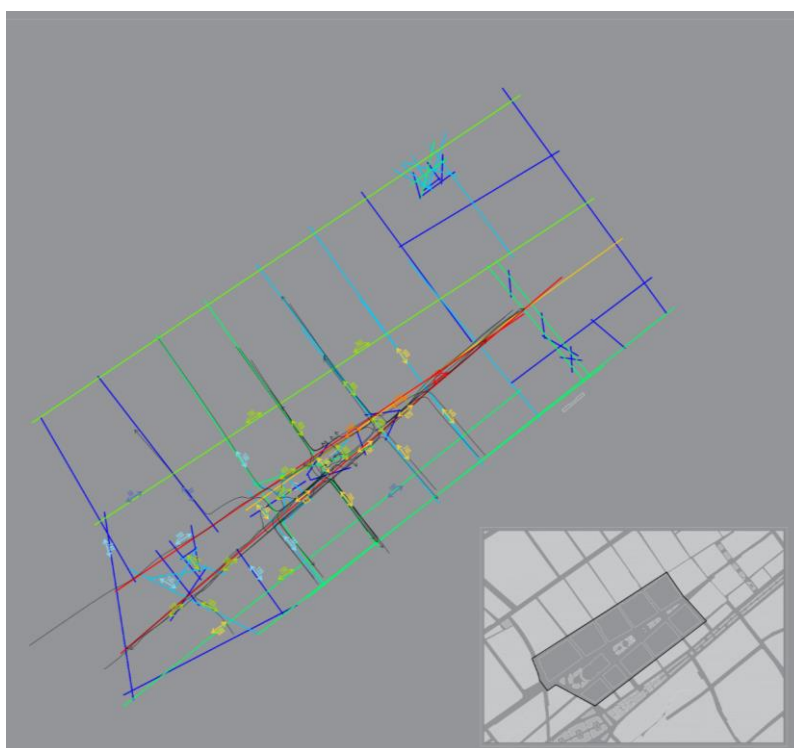
Nota: Elaborado en Depth Mapx 0.35

Después de obtener los gráficos axiales relacionados con la conectividad e integración, se procedió a combinar los datos de Conectividad e Integración. Esto nos proporcionó un valor para el sector del caso de estudio, se observó un valor de $R= 0.44$ para la integración, lo que indica una correlación moderada - baja.

Correlación (Integración - Movimiento De Peatones Y Vehículos). Las medidas de base topológica (integración, que es una medida de accesibilidad topológica) se correlacionan significativamente con los patrones de movimiento de peatones y vehículos.

Figura 41.

Gráfico de Inteligibilidad (Integración - Movimiento De Peatones Y Vehículos)

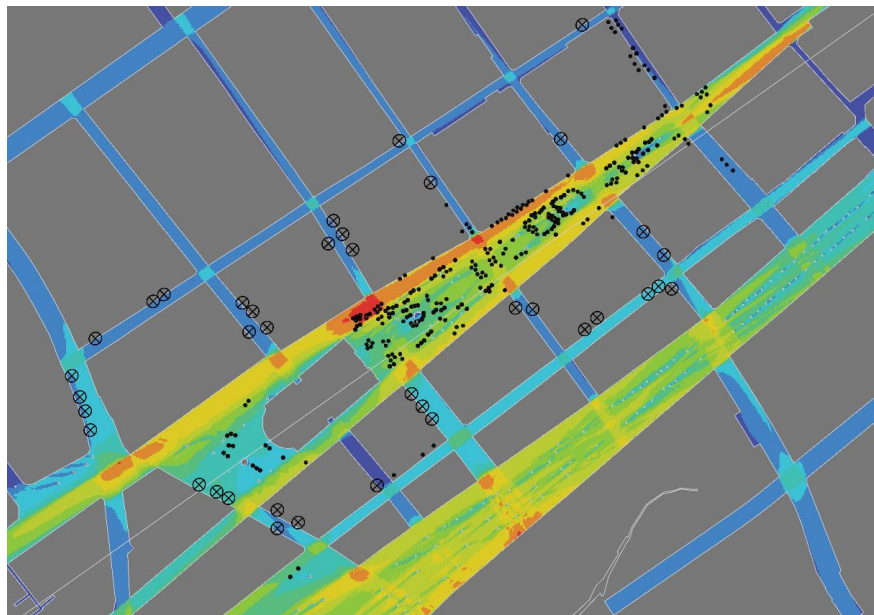


Nota: Elaborado en Photoshop

Correlación (Comportamiento Espacial – VGA). Las propiedades isovistas (Análisis de visibilidad grafica), como el área, se correlacionan con el comportamiento espacial.

Figura 42.

Correlación (Comportamiento Espacial – VGA)



Nota: Elaborado en Photoshop

DISCUSIÓN

La presentación, ha llevado a cabo el desarrollo analítico de la revisión de literatura académica validando la hipótesis/resultados planteados respecto a la sintaxis espacial y el modelo computacional de uso del espacio, y luego de procesar los resultados se evidencia la relación significativa entre las variables/dimensiones, por lo tanto; la discusión que se plantea a continuación es a partir de los objetivos de la investigación.

Respecto al objetivo 1: Realizar la metodología de la Sintaxis Espacial en el Espacio Urbano del Paseo cívico de la ciudad de Tacna, según los resultados, de acuerdo a las fichas observacionales de la dimensión Usos entre el movimiento de peatones y vehículos, el 54.84% son vehículos que recorren el sector y de los peatones el 50% de las personas observadas que recorren el paseo cívico son jóvenes y adultos, la Vía N° 11 (C. Alfonso Ugarte) presenta un 15.79% de personas que ingresan al paseo cívico, según la simulación del Modelo Basado en Agentes presentada en la Figura correlaciona dicha acción como eje de distribución para todo el paseo Cívico de Tacna. En el comportamiento espacial, el 53% de los peatones se encuentran sentados y ubicados en distintas partes del paseo cívico siendo un espacio usual y agradable, en cambio el 44.11% de las Vías presenta un moderadamente alto de Vandalismo según el registro fenológico. En la Dimensión de Espacio, el 66.18% de las vías o puertas están muy conectadas siendo más accesibles entre las Vías principales de Av. Bolognesi, Av. 2 de mayo y Av. San Martín. Y la integración local del sector presenta que 51.47% de las Vías están muy integradas y se comprobó el nivel de Inteligibilidad (Conectividad – Integración) mediante la prueba de correlación de Spearman entre los indicadores de la sintaxis espacial, que existe una implicancia de correlación moderadamente baja.

Respecto al objetivo 2: Determinar el procesamiento y reconocimiento de datos de la Sintaxis Espacial del Paseo Cívico de la

ciudad de Tacna en un Modelo Computacional de uso del espacio del Paseo cívico de la ciudad de Tacna. En la dimensión de Visibilidad Grafica dispone de un modelo para poder integrar a la simulación de un Modelo Basado en Agentes de acuerdo a sus parámetros de análisis presenta un mínimo de 9.0 conexiones que se generó en una cuadrícula de 2m, entendiéndose que el menor campo visual de un punto del sector tiene 18 metros de visión hacia ella. Existen varias Vías de acceso al paseo Cívico, si bien no son los principales de la misma y conectan de forma más directa con los recorridos de las personas, pero no son visualmente integradas. El modelo computacional da una mejor comprensión del movimiento natural generándose patrones de movimiento similares a las observaciones de movimiento de peatones.

Respecto al objetivo 3: Demostrar la relevancia del análisis de la Sintaxis Espacial mediante un Modelo Computacional de uso del espacio en el diseño urbano del Paseo Cívico de Tacna, de acuerdo al análisis de integración, se puede determinar que el paseo cívico de la ciudad de Tacna está bien integrado, y que su accesibilidad es fácilmente distinguida, pero debido a las características de las calles del centro de la ciudad no son correlacionables según sus propiedades y grados topológicos. La zona en la que éste se encuentra ofrece una amplia variedad de servicios que impulsan el tránsito a pie. Al observar el choice del paseo cívico podemos comprender que los niveles que se presentan se acondicionan con las características de las calles del sector. Esto se debe a que tiene una trama con mayor ortogonalidad, la que es entendida de forma mucho más precisa por las personas a la hora de trazar su recorrido. Se puede corroborar este punto con más certeza en la observación de flujo peatonal de cada Vía. Para llegar a explicarlas de una forma mejor versión de estas características de la sintaxis espacial, el modelo computacional incide en el comportamiento espacial en el lugar, además de entender en ambos casos un patrón de comportamiento repetido en las fichas de observación.

Desde la Reflexión de la labor del arquitecto y/o el urbanista en la planificación urbana de las ciudades, a partir del análisis de la sintaxis

espacial se denota el comportamiento del lugar queda afectado por la configuración espacial en este caso del paseo cívico de Tacna.

CONCLUSIONES

Esta investigación concluye que es la configuración espacial el principal generador de patrones en el movimiento peatonal y vehicular de distintos grados generando distintas dinámicas sociales, culturales, religiosas y/o cívicas. Se puede también predecir dichos desplazamientos con los agentes generados por un Modelo Computacional de uso del Espacio.

Primera

Respecto al primer objetivo, las pruebas con las herramientas adecuadas realizadas presentan significancia ya que, según los resultados obtenidos, se comprobó que la metodología de la Sintaxis Espacial en el Espacio Urbano del Paseo cívico de la ciudad de Tacna puede respaldar el hecho de que los lugares requieran de este tipo de análisis ya que la accesibilidad y visibilidad son un punto clave en el éxito de cada espacio urbano.

Segunda

En cuanto al segundo objetivo, De acuerdo con el análisis se ha concluido que los puntos de concentración de las personas tienen relación con las vías o puertas en donde se puede obtener mayor información del espacio determinando el procesamiento y reconocimiento de datos de la Sintaxis Espacial en un Modelo Computacional de uso del espacio, es decir, mayores áreas de isovista en el cual se genera mayores niveles de Análisis de Visual Grafico VGA, en el que determina que lugares se puede entregar información a los visitantes o la ubicación de ciertos programas y/o actividades.

Tercera

En relación a la relevancia del análisis de la Sintaxis Espacial mediante un Modelo Computacional de uso del espacio en el espacio

urbano del Paseo Cívico de Tacna existe una correlación positiva muy alta de la dimensión de uso y espacio a la dimensión de visibilidad del espacio público. El funcionamiento de un espacio surgido de forma natural por necesidad de la gente permite adaptarse a las distintas circunstancias que emergen en el lugar, lo que se forma a través de las distintas interacciones entre el usuario y la ciudad.

RECOMENDACIONES

Primera

Se sugiere que los investigadores se centren en la línea de investigación del "Entorno urbano" y consideren cómo la memoria colectiva de los habitantes se relaciona con las nuevas corrientes del urbanismo y el desarrollo social en las ciudades. Esto es relevante para la sintaxis espacial, ya que la forma en que las personas perciben y se relacionan con el entorno urbano está intrínsecamente ligada a la configuración y disposición de los espacios dentro de la ciudad.

Segunda

Relación con la sintaxis espacial: Esta recomendación se dirige a las autoridades de las instituciones públicas y aboga por la regulación de actividades comerciales en el espacio público y las edificaciones. La regulación del uso del espacio público y la forma en que las edificaciones se integran en el entorno urbano es esencial para la sintaxis espacial, ya que afecta directamente la percepción y el uso de esos espacios por parte de la comunidad.

Tercera

Esta recomendación se dirige a la construcción de un modelo de desarrollo urbano que considere la naturaleza de frontera de la ciudad y que pueda servir como ejemplo para futuras investigaciones en otras localidades. Esto es relevante para la sintaxis espacial, ya que el desarrollo urbano y la planificación del territorio tienen un impacto significativo en cómo se organizan y utilizan los espacios en la ciudad.

Cuarta

Por último, esta recomendación sugiere a los estudiar el tema de la configuración espacial de las ciudades desde la perspectiva de la sintaxis espacial. Esto implica comprender cómo el cerebro humano percibe y

procesa las sensaciones en el entorno urbano y cómo esto afecta la percepción de la ciudad para los diseños y propuesta urbanas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonabeau, E. (2002). Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(suppl_3), 7280-7287.
- Cheliotis, K. (2020). An agent-based model of public space use. *Computers, Environment and Urban Systems*, 81, 101476.
- Grimm, V., Berger, U., Bastiansen, F., Eliassen, S., Ginot, V., Giske, J., ... & DeAngelis, D. L. (2006). A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological modelling*, 198(1-2), 115-126.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1989). *The social logic of space*. Cambridge university press.
- Hillier, B. (1999) Centrality as a process: Accounting for attraction inequalities in deformed grids. *Urban Des. Int*, 4, 107–127.
- Hillier, B. (1996) *Space is the Machine*; Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- Hillier, B.; Turner, A.; Yang, T.; Park, H.T. (2007) Metric and topo-geometric properties of urban street networks. In *Proceedings of the 6th International Space Syntax Symposium*, Istanbul, Turkey, 12–15.
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. Knopf Doubleday Publishing Group.
- Van Nes, A., & López, M. (2010). Macro and micro scale spatial variables and the distribution of residential burglaries and theft from cars: an investigation of space and crime in the Dutch cities of Alkmaar and Gouda. *The Journal of Space Syntax*, 1(2), 314.

- Polhill, J. G., Parker, D., Brown, D., & Grimm, V. (2008). Using the ODD protocol for describing three agent-based social simulation models of land-use change. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 11(2), 3.
- Southworth, M. and Ben-Joseph, E. (2003). *Streets and the Shaping of Towns and Cities*. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press.
- Vanegas Hernández, M. (2016). Planteamiento y visualización de un modelo urbano basado en agentes.
- Wilensky, U. (1999). *NetLogo*. Evanston, IL: Center for connected learning and computer-based modeling, Northwestern University
- Yan, W., & Kalay, Y. E. (2004). Simulating the behavior of users in built environments. *Journal of Architectural and Planning Research*, 371-384.
- Ye, Y.; van Nes, A. Quantitative tools in urban morphology: Combining space syntax, spacematrix and mixed-use index in a GIS framework. *Urban Morphol.* **2014**, 18, 97–118.
- Yamu, C. It Is Simply Complex(ity). Modeling and simulation in the light of decision-making, emergent structures and a world of non-linearity. *disP* **2014**, 50, 43–53.

ANEXOS

ANEXO A1 – MAPEO DE ACTIVIDADES ESTACIONARIAS

ANEXO A2 – MAPEO DEL FLUJO VEHICULAR

ANEXO A3 – MAPEO DE VANDALISMO

ANEXO A4 – MAPEO DE SEGUIMIENTO DE PERSONAS

ANEXO A5 – MAPEO DEL FLUJO EATONAL

ANEXO A6 – FICHA OBSERVACIONAL DEL CONTEO DE PUERTAS

ANEXO A7 – GRAFICO DEL ANALISIS DE CONECTIVIDAD

ANEXO A8 – GRAFICO DEL ANALISIS DE INTEGRACION

ANEXO A9 – GRAFICO DEL ANALISIS DE CHOICE

ANEXO A10 – VIDEO DE SIMULACION DEL MODELO COMPUTACIONAL