



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**“TERRAZAS VERDES URBANAS COMO MEDIDA
DE MITIGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LAS
ISLAS DE CALOR EN GUAYAQUIL”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo la obtención del título de:

MÁSTER EN CAMBIO CLIMÁTICO (MCC)

Presentada por:

MELANIE FERNANDA SANTANA PILLASAGUA

Dirigido por:

Edwin Jiménez Ruiz MSc.

Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador

Guayaquil – Ecuador
2025

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

Edwin Jiménez Ruiz, MSc

DIRECTOR DE PROYECTO

Gladys Rincón Polo, Dra

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; **MELANIE FERNANDA SANTANA PILLASAGUA** CI. 0930882295, doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Melanie Santana Pillasagua

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento total a Dios por ser mi guía en este camino, iluminando cada paso hacia la culminación de esta etapa maravillosa. Sin su apoyo divino alcanzar esta meta no habría sido posible. Su presencia se ha reflejado en cada desafío y éxito y sobre todo a iluminado mi camino en cada paso de este viaje.

Esta tesis no hubiera sido posible sin la guía de mi mentor el Ing. Edwin Jiménez Ruiz, MSc. quien me oriento en esta investigación sobre Terrazas verdes Urbanas, un especial agradecimiento a la Econ. Julissa Barzola de Espol por su alegría y motivación en esta etapa de mi carrera.

DEDICATORIA

Dedico mi proyecto de tesis a quienes han sido pilares de este gran logro.

A mis abuelos Gertrudiz Yoza (+), Enrique Pillasagua (+) cuyo ejemplo de perseverancia me siguen inspirando a lograr mis metas. Sembraron en mí el amor por el aprendizaje teniendo claro que la mejor inversión siempre será invertir en nuestro conocimientos.

A mis familia por creer en mí, este trabajo es el resultado de la buena educación y guía que me han dado. A mis queridas hermanas que de una u otra forma a lo largo de nuestras vidas han estado junto a mí, espero seguir siendo una guía para ustedes.

A mi querido novio Henry Guaranda, por su constante apoyo y amor, han sido fundamentales para lograr este sueño. Haz hecho sacrificios significativos y has estado a mi lado en cada momento, brindándome sonrisas, aliento y paciencia, gracias por comprender mis desvelos y ausencias esta Tesis también es tuya.

A mis ocho ángeles de cuatro patas su presencia y lealtad inquebrantable en cada amanecida fue vital para culminar esta investigación su amor es un regalo invaluable.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
INTRODUCCIÓN	III
CAPÍTULO 1	1
1. ANTECEDENTES.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivos	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO 2	7
2.MARCO TEÓRICO	7
2.1 Cambio Climático	7
2.1.1. Sistema climático	9
2.1.2. Clima.....	10
2.1.3. Microclima	12
2.1.4. Microclima Urbano	13

2.1.5 Clima Zonal.....	16
2.2. Elementos del clima	16
2.2.1. Elementos Geodinámicos: Temperatura	17
2.2.2. Elementos acuosos: Humedad.....	17
2.3. Escala Urbana.....	18
2.3.1. Espacios Urbanos	19
2.3.2. Fenómenos Físicos	20
2.3.3. Elementos bióticos	21
2.4. Propiedades térmicas de los materiales de construcción.....	24
2.4.1. Conductividad térmica	24
2.4.2. Calor específico.....	26
2.5. Soluciones basadas en la naturaleza.....	27
2.5.1. Terrazas verdes.....	27
2.5.2. Beneficios de los techos verdes.....	33
2.5.3. Vegetación endémica para terrazas verdes extensivas.....	36
2.5.4. Balance energético	40
2.5.5. Parámetros característicos.....	40
2.5.6. Factores Morfológicos	41
2.5.7. Factores Antropógenos.....	41

2.5.8. Confort Térmico.....	42
2.6. Islas de Calor.....	43
2.6.1 Islas de Calor en Guayaquil	44
2.7. Mitigación	45
2.8. Medidas de intervención - Casos de estudio	46
2.8.1. Proyecto cubierta verde extensiva en Edificio de Porland.....	46
2.8.2. Cubierta verde extensiva en naves de mecanizado industrial Ampo	47
2.9. Contribución de investigación a los ODS	48
CAPÍTULO 3	50
3.METODOLOGÍA	50
3.1. Fase I – Espacialidad del Estudio.....	51
3.1.1. Área de estudio.....	51
3.1.2. Selección de edificios.....	53
3.1.3. Evaluación estructural.....	57
3.1.4. Variabilidad Climática	58
3.2. FASE II - Proyecto de Mitigación	59
3.2.1. Lineamiento de Diseño	59
3.2.2. Elaboración de propuesta	59
3.2.3. Emplazamiento de prototipo a edificaciones	60

3.3. FASE III – Impacto en la sostenibilidad en edificios	60
3.3.1. Cuantificación de áreas	60
3.3.2. Cálculo de CO ₂ – Secuestro de carbono.....	60
CAPITULO 4.....	61
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	61
FASE I. Espacialidad del estudio.....	61
4.1.1 Variabilidad Climática	61
4.1.2. Evaluación estructural de las edificaciones.....	72
4.1.2.1. Análisis estructural grueso	72
Fase II- Proyecto de Mitigación.....	83
4.2.1. Elaboración de la propuesta	83
4.2.1 Lineamiento de diseño	87
Fase III. Impacto en la sostenibilidad en edificios.....	90
4.2.2. Emplazamiento de prototipo a edificaciones	90
4.2.3. Calculo anual de captura de co ₂	93
CAPÍTULO 5.....	95
5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
5.1. Conclusiones	95
5.2. Recomendaciones.....	96

CAPÍTULO 6.....	97
6.BIBLIOGRAFÍA.....	97
CAPITULO 7.....	110
7. ANEXOS.....	110

ABREVIATURAS

CC	Cambio Climático
GEI	Gases de efecto invernadero
ICU	Islas de Calor Urbana
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el desarrollo
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Siglas de ingles)
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ODS	Objetivo de Desarrollo Sostenible
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
INEC	Instituto Nacional de estadística y censos
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
INABIO	Instituto Nacional de Biodiversidad
MBE	Medidas de Mitigación basada en ecosistemas
ALC	América Latina y el Caribe

FIGURA

Figura 1. Cambio Climático en ciudades.....	8
Figura 2. Balance energético terrestre.....	9
Figura 3. Escala climática de Guayaquil.....	11
Figura 4. Esquema de escala climática	13
Figura 5. Microclima Urbana.....	14
Figura 6. Microclima urbano componentes energéticos	16
Figura 7. Componentes del balance energético de una cubierta vegetal.....	23
Figura 8. Transferencia de calor en materiales.	25
Figura 9. Composición del techo verde.....	28
Figura 10. Cubierta verde extensivo,	29
Figura 11. Techos verdes Intensivos.....	30
Figura 12. Cubierta verde Semi-intensiva.....	31
Figura 13. Aspectos urbanos y los sistemas de vegetación urbana.....	34
Figura 14. Maní Forrajero.....	38
Figura 15. Festuca alta	38
Figura 16. Bahia Grass.....	39
Figura 17. Estrategias de enfriamiento pasivo y sus límites	43
Figura 18. Isla de Calor Urbana	44
Figura 19. Islas de calor Urbana - Guayaquil	45
Figura 20. Diseño propuesto para el edificio Portland.....	47
Figura 21. Diseño propuesto para las naves industriales Ampo	48

Figura 22. Objetivos de desarrollo sostenible	49
Figura 23. Esquema de la metodología del estudio.....	50
Figura 24. Localización geográfica de la ciudad de Guayaquil	52
Figura 25. Plano de Guayaquil- área céntrica	54
Figura 26. Imágenes de Edificios – caso de estudio	55
Figura 27. Elevación B-B.....	56
Figura 28. Elevación A-A	56
Figura 29. Formato de Matriz de registro de edificación.....	57
Figura 30. Rango de Temperatura.....	62
Figura 31. Tendencias temperatura de bulbo seco y punto del rocío.....	63
Figura 32. Rango de radiación	64
Figura 33. Temperatura promedio diurno	64
Figura 34. Gráfico de horarios-radiación horizontal.....	65
Figura 35. Incidencia del sol.	66
Figura 36. Rango de velocidad del viento.....	67
Figura 37. Rosa de los vientos – frecuencia.....	67
Figura 38. Diagrama de Givoni.....	68
Figura 39. Refuerzo longitudinal en vigas	75
Figura 40. Planta de diafragma – 3d modo de vibración	76
Figura 41. Planta de acero longitudinal.....	80
Figura 42. 3D de refuerzo en vigas y columnas.....	80
Figura 43. Cargas aplicables	82

Figura 44. Habitando las terrazas deshabitadas de los casos de estudio	84
Figura 45. Prototipo de cubierta.....	85
Figura 46. Prototipo modulable.....	86
Figura 47. Detalle constructivo de cubierta	87
Figura 48. Maní Forrajero.....	89
Figura 49. Terraza edificio La Previsora.....	92
Figura 50. Terraza edificio Torres la Merced	92
Figura 51. Terraza edificio Torres del Río.....	93
Figura 52. Toneladas de CO2 por edificio	94

TABLAS

Tabla 1 . Las escalas espaciales del clima, Yoshino M. 1975	10
Tabla 2. Clasificación de Microclimas Urbanos	15
Tabla 3. Clasificación de Escalas Urbanas	18
Tabla 4. Fenómenos físicos Urbanos	21
Tabla 5. Condicionantes para cálculo de evapotranspiración	22
Tabla 6. Materiales, espesor y propiedades térmicas	26
Tabla 7. Edificios céntricos de la ciudad de Guayaquil	55
Tabla 8. Análisis solar edificio La Previsora	69
Tabla 9. Análisis solar edificio Torres la Merced	70
Tabla 10. Análisis solar edificio Torres del Río	71
Tabla 11. Propiedades estructurales analizadas- La Previsora.....	73
Tabla 12. Presentación de modos de vibración.....	74
Tabla 13. Participación en la carga modal	75
Tabla 14. Cortante Basal	75
Tabla 15. Propiedades estructurales analizadas - Torres la Merced	77
Tabla 16 . Presentación de modos de vibración.....	78
Tabla 17 . Participación en la carga modal	79
Tabla 18. Resultado de cortante basal.....	79
Tabla 19. Propiedades estructurales analizadas - Torres del Río.....	82
Tabla 20 . Piezas de prototipo de cubierta verde	87
Tabla 21. Componentes y funciones del prototipo para terrazas verdes.....	88

Tabla 22 . Área diseñada en edificaciones	91
Tabla 23 . Cálculo de la captura de carbono	93
Tabla 24. Cantidad de CO2 retenida en kg	94

RESUMEN

A nivel global las actividades humanas como la expansión de ciudades causan cambios de temperatura y deterioro ambiental en los ecosistemas contribuyendo al Cambio Climático (CC). El crecimiento acelerado de ciudades como Guayaquil, el aumento de las edificaciones y sus elementos constructivos generan un patrón más cálido en el área circundante a los mismos exacerbando la temperatura promedio en la ciudad, fenómeno conocido como islas de calor urbanas (ICU); estas islas afectan significativamente la calidad de vida de los habitantes.

Este trabajo de tesis propone una metodología practica que analiza la implementación de terrazas verdes urbanas su eficacia y aplicación en tres edificios del centro de la ciudad de Guayaquil. Como primer paso se determinan las cargas en los tres edificios peso (kg) en el software SAP2000 (Structural Analysis Program), mediante el software Climate Consultant 6.0 se examina las gráficas climáticas del sitio se determina las condiciones de confort térmico a través del diagrama de Givoni, al mismo tiempo el software Revit Con Autodesk Forma generan los mapas de calor de los días con temperaturas extremas. Posteriormente, se realiza el diseño del prototipo de macetas modulables en software AutoCAD planificación espacial y modelado en 2D, al mismo tiempo se emplean criterios de agricultura urbana que contempla el uso de cobertura vegetal con la especie arachis pintoi para la captura de co2, la cual será medida con el uso de la fórmula de Albari.

Los prototipos de terrazas verdes diseñados en los edificios de La Previsora, Torres la Merced, Torres del Río; presenta una solución viable con un alto potencial para mitigar los efectos de islas de calor urbana (ICU). Como resultado del diseño y la generación de prototipos basados en vegetación se logró determinar la captura potencial por año 4.57tCO₂ la Previsora, 2.96 tCO₂ Torre la Merced, 4.47 tCO₂ Torres del Río.

Palabras Claves: Temperatura, islas de calor urbana, cambio climático, dióxido de carbono CO₂, terrazas verdes, microclima.

ABSTRACT

Globally, human activities such as urban expansion cause temperature changes and environmental deterioration in ecosystems, contributing to climate change (CC). The rapid growth of cities such as Guayaquil, the increase in buildings and their construction elements generate a warmer pattern in the surrounding area, exacerbating the average temperature in the city, a phenomenon known as urban heat islands (UHI); these islands significantly affect the quality of life of the inhabitants.

This thesis proposes a practical methodology that analyzes the implementation of urban green terraces, their effectiveness, and application in three buildings in downtown Guayaquil. As a first step, the loads on the three buildings (weight in kg) are determined using SAP2000 (Structural Analysis Program) software. Climate Consultant 6.0 software is used to examine the site's climate graphs and determine thermal comfort conditions using the Givoni diagram. At the same time, Revit Con Autodesk Forma software generates heat maps for days with extreme temperatures. Subsequently, the design of the modular pot prototype is carried out in AutoCAD software for spatial planning and 2D modeling. At the same time, urban agriculture criteria are used that contemplate the use of vegetation cover with the species *Arachis pintoi* for CO₂ capture, which will be measured using the Albari formula.

The green terrace prototypes designed for the La Previsora, Torres la Merced, and Torres del Río buildings present a viable solution with high potential for mitigating the effects of urban heat islands (UHI). As a result of the design and creation of vegetation-based prototypes, it was possible to determine the potential annual capture of 4.57 tCO₂ for La Previsora, 2.96 tCO₂ for Torre la Merced, and 4.47 tCO₂ for Torres del Río.

Keywords: Temperature, urban heat islands, climate change, carbon dioxide, green terraces, microclimate

INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los desafíos más significativos para las ciudades modernas es el cambio climático, lo que afecta de manera drástica las áreas urbanas. Las ciudades albergan gran parte de la población mundial; en el año 2020 el 55% de la población vive en ciudades se estima que en el año 2050 las cifras incrementen al 68% según las Naciones Unidas (ONU, 2020). Las ciudades de América Latina y Caribe (ALC) se han desarrollado mediante el crecimiento acelerado e informalidad, incrementando los gases de efecto invernadero (GEI) intensificando los impactos del cambio climático (CC). Los fenómenos climatológicos extremos como el aumento de la temperatura, las olas de calor, disminución de viento y las precipitaciones afectan excesivamente a las urbes, esencialmente las ciudades ubicadas en regiones tropicales y costeras (IPCC, 2021), (P. Shahmohamadi, 2010) .

En este contexto, la ciudad de Guayaquil es una zona con alta niveles de crecimiento urbano y actividades económicas cuya expansión es dispersa por lo tanto, no está exento a los efectos del CC y enfrenta desafíos climáticos como el incremento de la temperatura generando islas de calor urbana (ICU), lo que a su vez presenta un inconfort térmico debido a la temperatura ambiental por escasez de áreas verdes (Gómez, Pérez , & Rodríguez, 2020). Estos fenómenos no solo afectan las temperaturas locales, sino también influye en el consumo energético y la salud pública (Oke, Mills, Christen, & Voogt, 2017). La infraestructura de concreto y asfalto, perjudicando la calidad de vida de los habitantes.

La ciudad de Guayaquil está estructurada con zonas de crecimiento vertical y superficies selladas, inmuebles diseñados con materiales que absorben el calor, viviendas de 5 metros a 15 metros de altura y edificaciones de 10 metros a 95 metros de altura diseñadas en hormigón armado, estructura metálica, fachada de vidrio y aluminio compuesto materiales con gran carga térmica por ganancias solares, como consecuencia incrementa el uso del sistema de aire acondicionado como resultado la temperatura interior esta fuera del rango de confort térmico (Gómez Azpeitia & Tejeda Martinez, 2023). Con base a lo anteriormente descrito el desarrollo de infraestructura verde tiene un potencial significativo para mitigar los efectos del CC urbano y reducir la temperatura, contribuyendo a mejorar la sostenibilidad y resiliencia de la ciudad (Santamouris, 2014).

Ante este escenario la importancia de explorar el potencial de las terrazas verdes urbanas en el contexto Guayaquileño se justifica, debido a que la ciudad experimenta un crecimiento acelerado que intensifica el fenómeno de ICU por lo cual el implementar soluciones basadas en la naturaleza produce una respuesta efectiva y viable ante esta problemática (Solecki, 2018). Sin embargo, en Ecuador, el uso de estas prácticas aún es limitado y no se han desarrollado suficientes estudios que examinen su impacto específico en el contexto local. La implementación de terrazas verdes urbanas no solo representaría un beneficio ambiental, de esta manera también podría contribuir a mejorar el confort térmico de los ciudadanos, reducir los gastos en consumo energético y mejorar la biodiversidad urbana al proporcionar hábitats para insectos y aves pequeñas (Sailor, 2008).

Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar la eficacia de las terrazas verdes como una medida de mitigación para la reducción de las ICU urbanas en Guayaquil. Para ello, se analizarán casos de estudio exitosos de ciudades con condiciones climáticas similares “cubierta verde extensiva en Edificio de Porland, Cubierta verde extensiva en naves de mecanizado industrial Ampo” se compararán con los resultados obtenidos en áreas seleccionadas de Guayaquil, donde se implementen las terrazas verdes. Asimismo, se examinará el potencial de replicabilidad y adaptación de estas medidas en otras zonas urbanas del Ecuador, con el fin de contribuir al desarrollo de políticas públicas que promuevan la infraestructura verde urbana como respuesta al CC.

Se puede señalar que las terrazas verdes urbana se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 3 (Salud y Bienestar), ODS 8 (Trabajo Decente y crecimiento económico), ODS 9 (Industria innovación e infraestructura), ODS 11 (Ciudades y Comunidades Sostenibles), ODS 13 (Acción por el Clima), ODS 15 (Vida de Ecosistema Terrestres), meta 11.7 de la Agenda 2030 (United Nations, 2015), garantizando la sostenibilidad del proyecto en el contexto tropical.

Esta tesis espera evidenciar que las terrazas verdes pueden contribuir con la absorción del dióxido de carbono CO₂ en las cubiertas de las edificaciones con el fin de contrarrestar los efectos CC en áreas urbanas. Con ello, se busca fortalecer el marco de soluciones basadas en ecosistemas ambientales (MBE) que promuevan el desarrollo de ciudades más resilientes y adaptadas a los cambios ambientales globales,

particularmente en contextos urbanos con altas densidades poblacionales y desafíos climáticos como los que enfrenta Guayaquil.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1. Planteamiento del Problema

El CC es una amenaza global, considerándose uno de los desafíos medioambientales más hostiles debido a su efecto dominó, afectando las interrelaciones bióticas (IPCC, 2023). Según, Climate Change Service (2024) indica que hemos pasado el récord en términos de calentamiento global, teniendo temperaturas que han superado temporalmente niveles preindustriales 1.5°C (Copernicus Climate Change Service, 2025) ; se proyecta que la temperatura seguirá incrementándose, siendo un gran desafío de mitigación (IPCC, 2021). Se estima que para el año 2040 más de 120 millones de personas de todo el mundo se verán forzadas a migrar a otras ciudades siendo afectados por el CC. Por otro lado, la región de América Latina y el Caribe (ALC) es considerada frágil ante los eventos del CC debido a su ubicación geográfica, biodiversidad, alta densidad población e infraestructura (Uribe Botero, 2015)

Por otra parte, el IPCC señala que para el año 2050 en la región de América ALC enfrentara efectos drásticos amenazando ciudades enteras, se estiman que el 80% de la población vivirá en complejos urbanos, las fundaciones serán susceptible ante eventos extremos con un aumento de temperatura de 2°C debido a la falta de medidas de mitigación al CC (Sanchez R., Larde, Chauvet, & Jaimurzzina, 2017) (WMO, 2024). Agregando a lo anterior se proyecta a las ciudades ALC, tendrán temperaturas más

altas que coinciden con los sectores con mayor densidad urbana (WMO, 2024), intensificado el fenómeno de ICU, generado por las características topográficas, las condicionantes climáticas, el calor antropogenético liberado, las características térmicas y ópticas de los materiales utilizados en la construcción de las edificaciones, la materialidad en el tejido de la trama urbana y el uso de suelo (Santamouris, 2014). Las edificaciones son responsables del 40% de la demanda del consumo energético en países desarrollados como consecuencia el 40% de las emisiones de dióxido de carbono CO₂ (Junnila & Horvath, 2003).

Estudios urbanos realizados en la ciudad de Guayaquil por García Herrera en el año 2018 evidencia “La isla de calor en la zona urbana de la ciudad de Guayaquil, mediante Sistemas de Información Geográfica y Teledetección”, la presencia de temperaturas elevadas en cuatro zonas en el interior de la ciudad como la zona del centro de la urbe, el sector industrial, el norte de la ciudad y aeropuerto muestran una distribución uniforme de las islas de calor con temperaturas máximas que alcanzan picos de 44°C (García Herrera, 2018). Por otra parte en noviembre del 2017, este fenómeno fue identificado por Carlos Palacios Portes, en su estudio “La Forma Espacial de las Islas de Calor en la Ciudad de Guayaquil”, e indica que la ciudad genera un pico de +5.32°C de temperatura lo que eleva sensación térmica (Carlos Palacios P., 2017); mientras que (Guillermo Soriano, 2016) verifico el diseño y geometría urbana explorando la incidencia de las islas de calor en cinco puntos estratégicos de la urbe, denotando mediante imágenes satelitales el incremento de las islas de calor, los resultados muestran un incremento de 3-4 grados Celsius durante las tardes y noches.

Sin embargo Herrera, Palacios y Soriano indican que se deben realizar trabajos futuros para mitigar las ICU.

Sin embargo, en la ciudad de Guayaquil la implementación de terrazas verdes urbanas como estrategia de mitigación es aún limitada. A pesar de los beneficios documentados en otros contextos, no se ha estudiado a fondo el impacto específico de esta infraestructura verde urbana y su posible reducción de ICU en ciudades de clima tropical como esta. La falta de datos específicos sobre el uso de terrazas verdes en el contexto local representa un vacío en la literatura científica y limita las políticas públicas en torno a la sostenibilidad urbana y el CC. (Santamouris, 2014).

En este sentido, el presente estudio sirve como base para la siguiente pregunta de investigación sobre la cual aborda la iniciativa **¿Cómo pueden las terrazas verdes urbanas actuar como aislante térmico en las edificaciones y contribuir a la absorción de CO₂?**

Variable Independiente: Diseño de terrazas verdes

Variable dependiente: absorción de CO₂

1.2. Justificación

Uno de los desafíos más significativos de la ciudad de Guayaquil es el CC, siendo una ciudad costera trae consigo fenómenos como las ICU afectando negativamente el confort térmico exterior de las calles teniendo temperaturas extremas. La ciudad tiene temperaturas promedios anuales 25°C-36.6°C experimentando un aumento significativo de las temperaturas debido al efectos de las ICU causado por la influencia entre la morfología urbana espacial (material de construcción- área construida-espacios abiertos y colores en su fachadas) y las ICU crean el fenómeno urbano llamado microclima que afectan directamente en las zonas de la urbe, elevando la temperaturas locales a un 4°C. (Palacios P. , Gonzalez B., Dick Z., & Coello J. , 2017) & (Santamoris, 2015) sumándose las emisiones de CO₂, que proviene del incremento del sistema de aire acondicionado.

La disminución de la vegetación impacta drásticamente al confort de la población incrementando el estrés térmico, la emisividad de cuerpos de agua y la reflectancia solar de los materiales de la vivienda modifican las temperaturas. En efecto las ICU crea áreas más cálidas que varían en grados centígrados convirtiéndose en zonas climáticamente críticas, esta problemática afecta la calidad de vida de los usuarios, habitantes y contribuye al CC. De hecho, investigaciones (García Herrera, 2018) ha demostrado que las áreas urbanas son más cálidas con un incremento de 2 a 5°C en las áreas céntricas de la urbe incrementan el uso energético en climatización afectando la salud de los habitantes. (Torres Sánchez, 2021), este fenómeno ha exacerbado por la falta de áreas verdes representando un índice menor de 5m² por

habitante por debajo a la normativa que propone la Organización Mundial de la Salud que comprende 10-15m² por persona (WMO, 2024). Análisis efectuados a contextos urbanos similares al clima de Guayaquil han estimado que una cubierta verde urbana de 100m² capta hasta 0,2 toneladas de CO₂ por año dependiendo de la densidad y del tipo de vegetación (Getter K., Rowe D., Andresen J., & Wichman I.)

En otras palabras, al integrar vegetación nativa en las terrazas verdes urbanas se comportan como sumidero de carbono mediante la fotosíntesis capturando el CO₂ y restablece la calidad del aire, investigaciones correlacionadas demuestran que las terrazas verdes reducen las concentraciones de partículas contaminantes en el aire hasta en un 20% en áreas céntricas densas (Currie B. & Bass , 2008), evidenciando el impacto positivo en la reducción de la ICU, bajando las temperaturas en zonas urbanas entre 2°C y 4°C en promedio (Getter K. & Rowe D., 2006).

Al mismo tiempo, la intención de este trabajo demuestra que implementar terrazas verdes urbanas diseñada con plantas nativas adaptadas al clima tropical de Guayaquil mitiga las ICU e incrementa la captación de CO₂ convirtiéndose en un sumidero de carbono.

1.3. Objetivos

13.1. Objetivo General

Diseñar un prototipo de terrazas verdes (macetas modulares) como medida de mitigación para la absorción de dióxido de carbono CO₂ y reducción de los efectos del fenómeno térmico islas de calor urbana (ICU) en la ciudad de Guayaquil-Ecuador,

1.3.2. Objetivos Específicos.

1.- Identificar la capacidad de carga en las tres edificaciones mediante el uso del software SAP2000 para la determinación de si los inmuebles son aptos para resistir el peso (kg) del prototipo de terrazas verdes.

2.- Determinar el área efectiva de la terraza mediante zonificación de espacios, área de vegetación y área de circulación para el uso eficiente de la terraza.

3.- Calcular la capacidad de captura de dióxido de carbono (CO₂) mediante el diseño de terrazas verdes de la zona de estudio para la reducción de vulnerabilidad ante los efectos de las islas de calor (ICU).

CAPÍTULO 2

2.MARCO TEÓRICO

Para contextualizar información relevante para este estudio se analizó información sobre: Cambio climático, sistema climático, temperatura, islas de calor, clima, microclima, escala, confort térmico, mitigación, desconfort térmico, objetivos de desarrollo sostenible, terrazas verdes, agricultura urbana.

2.1 Cambio Climático

Se puede indicar de manera general que el Cambio Climático de acuerdo con el IPCC 2021 se refiere a la variación a largo plazo del clima en la Tierra, atribuye a las alteraciones significativas tanto a causas naturales y actividades humanas que incrementan los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, Estas variaciones incluyen el aumento de temperaturas, eventos climáticos extremos y frecuencia de eventos extremos (IPCC, 2021). En este contexto, las ciudades son responsables de una gran parte de las emisiones de GEI, por el uso de combustible fósiles y la falta de infraestructura verde.

Según, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (1992) define al CC como el cambio del clima, provocando el calentamiento global a su vez reconoce la vulnerabilidad de todos los países por lo que se pide hacer esfuerzos para mitigar los eventos extremos que sufren las ciudades.

Por otro lado, Steffen (2015), indica los límites del cambio climático representando los límites centrales; el clima se ha identificado como una amenaza por

los cambios e integridad de la biosfera alterando el clima de las ciudades, por lo cual recalca que existe problemáticas en las urbes se deberá tomar medidas de mitigación y adaptación para mejorar la sostenibilidad urbana.

Field et al (2014), indica que también hay cambios en los patrones de precipitación evidenciando que las áreas urbanas son particularmente sensibles al clima, entendiendo que el papel crucial en la mitigación contra el cambio climático se podrá lograr mediante estrategias de planificación y diseño sostenible mejorando la calidad de vida de las ciudades, a su vez las urbes deberán involucrar a sus líderes, planificadores de ciudades y población vulnerable ante los eventos climáticos.



Figura 1. Cambio Climático en ciudades.
Fuente: Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A

2.1.1. Sistema climático

Para empezar, se define como un sistema complejo el que incluye la atmósfera, hidrosfera, la criosfera, la litosfera, la biosfera que interactúan entre sí. Usualmente se describe al clima en términos de valores medios, temperatura, precipitación y viento. A medida que transcurre el tiempo el clima va evolucionando a su vez influenciando por la radiación solar y emisiones antropogénicas que alteran la composición atmosférica (IPCC, 2007).

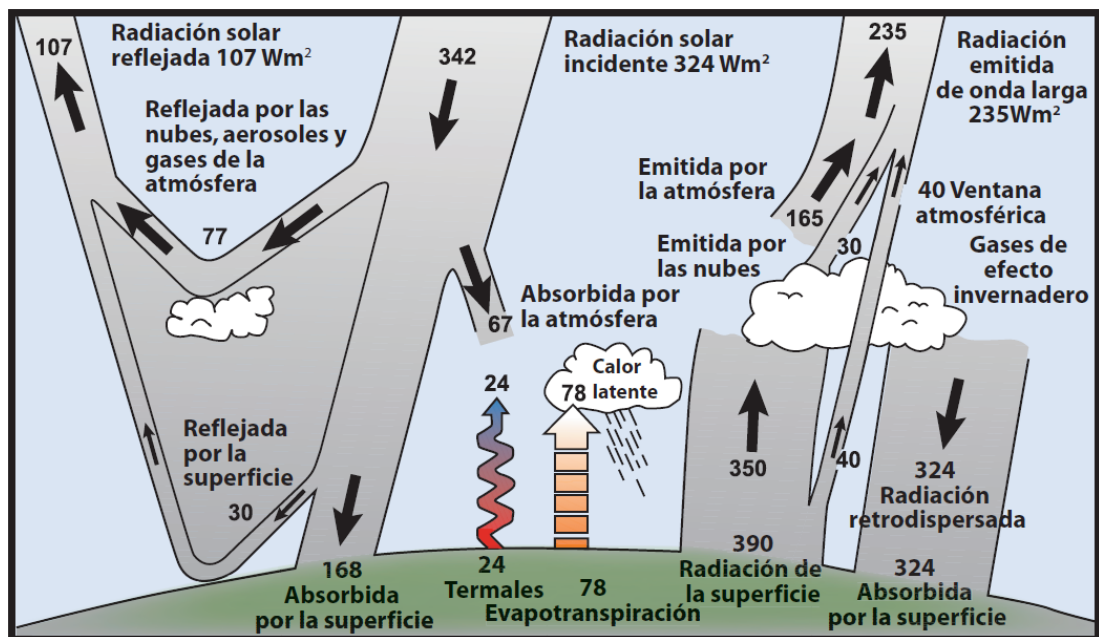


Figura 2. Balance energético terrestre.
Fuente: IPCC (2007)

2.1.2. Clima

El clima está definido como el conjunto de condicionantes atmosféricos promedios de una sitio o región durante un periodo extenso; definiéndose por parámetros meteorológicos y otras condicionantes como los eventos extremos. (Linacre & Greerts, 1997) . Los análisis meteorológicos son valores medios de un área específica por otro lado los datos meteorológicos no se pueden analizar como una sola opción también se analizan los efectos del clima en el contexto urbano, sus habitantes, edificaciones y los demás conjuntos que crean una ciudad. La franja Geiger denominada cerca del suelo “near the ground” comprendida desde la cota 0 a 1,5 metros sobre el nivel del suelo estudia bosques, cultivos y debajo de copas de árbol dilucidan las complejas interacciones entre el calor y la vegetación.

En la tabla 1 se presentan las escalas espaciales del clima y su correspondencia con los fenómenos Meteorológicos según el Yoshino M.

Tabla 1 . Las escalas espaciales del clima, Yoshino M. 1975

Escala	Definición	Horizontal (metros)	Vertical (metros)	Temporal (sg)
Microclima	Clima de una zona específica con características cambiantes que dependen de sus características físicas y exposición solar	$10^{-3} - 10^2$	10	< 10
Clima Local	Clima de un sitio diferenciado de las zonas que lo rodean y definido por cambios en su superficie a	$10^2 - 10^4$	$5.10 - 10^3$	$10 - 10^4$

	gran escala (área de bosques, lagos, ríos, topografía)			
Mesoclima	Clima de una región, definido por grandes accidentes topográficos, océanos, mares y su ubicación geográfica	$10^3 - 2 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^2 - 4 \cdot 10^3$	$10^4 - 10^5$
Macroclima	Clima a nivel continental determinando por los sistemas de circulación atmosférica a gran escala.	$> 2 \cdot 10^2$	$10^3 - 10^4$	$10^5 - 10^6$

Nota: Yoshino, M (1975) Climate in a small area. Tokyo University Press. Tokyo

Según Geiger el espacio climático se puede agrupar en cuatro escalas de acuerdo con las variaciones verticales, horizontales y temporales teniendo en cuenta la topografía y el uso de suelo.

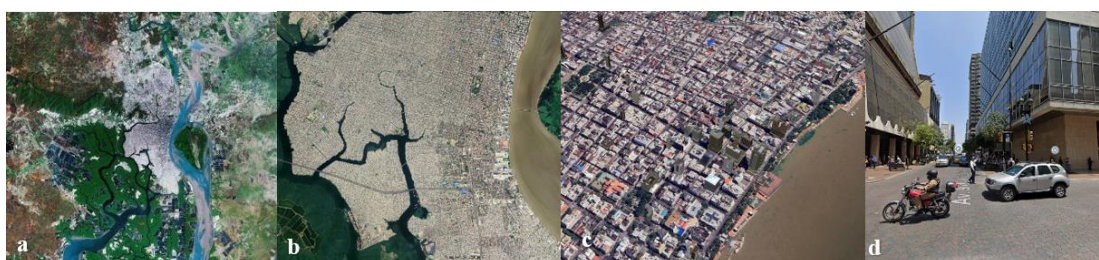


Figura 3. Escala climática de Guayaquil: (a. Macroclima- vista satélite de Guayaquil, b. Mesoclima-vista área de Guayaquil, c. clima local-vista aérea de Guayaquil, d. Microclima – vista peatonal calle 9 de octubre.

Fuente: Google Earth – elaboración propia

2.1.3. Microclima

La palabra microclima proviene del griego “mikros” (pequeño) y “klima” (inclinación o región) describiendo las variaciones climáticas en localidades pequeñas, relacionadas por vegetación, suelo, y edificaciones. Inicialmente el concepto fue insertado por investigadores que estudiaban las condicionantes locales: tipo de suelo, vegetación, temperatura, humedad (Geiger, 1950).

Según Oke T. R. (1987) el microclima son las condiciones climáticas locales que corresponden al clima general de la región dado a factores específicos, como el relieve, el uso del suelo y la relación con infraestructura humana, las condicionantes climáticas se generan variaciones en la temperatura, humedad y flujo de aire dentro zonas pequeñas como un jardín, parque, techos. (Oke T., 1987), abarcando un área de 100km de radio.

Los microclimas se clasifican:

- Microclima Natural
- Microclima urbano
- Microclima agrícola

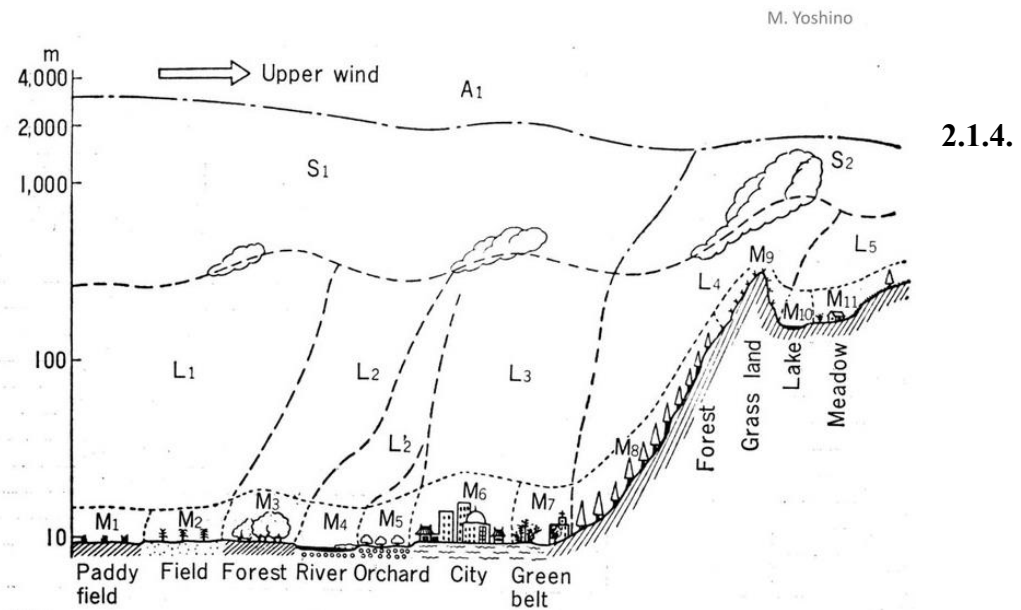


Figura 4. Esquema de escala climática M-micro, L. local, S.-meso, A. Macro

Fuente: (Geiger, Aron, Todhunter 1927)

2.1.4. Microclima Urbano

Según Higuera (1998), el microclima urbano se define a las condiciones meteorológicas de una pequeña área geográfica; influenciada por las actividades humanas cambios en el paisaje urbano como edificios, carreteras y vegetación este fenómeno se desarrolla en ciudades donde se desarrollan cambios en el albedo, impermeabilización del suelo y emisión de calor antropogénico (Fariña , 1998) & (Higuera, 1998).

Las ciudades condicionan al microclima urbano alterando el equilibrio térmico e hídrico mediante su morfología las superficies permeables, reducción de vegetación lo que genera emisiones de calor y ICU (Arnifield A., 2003) .

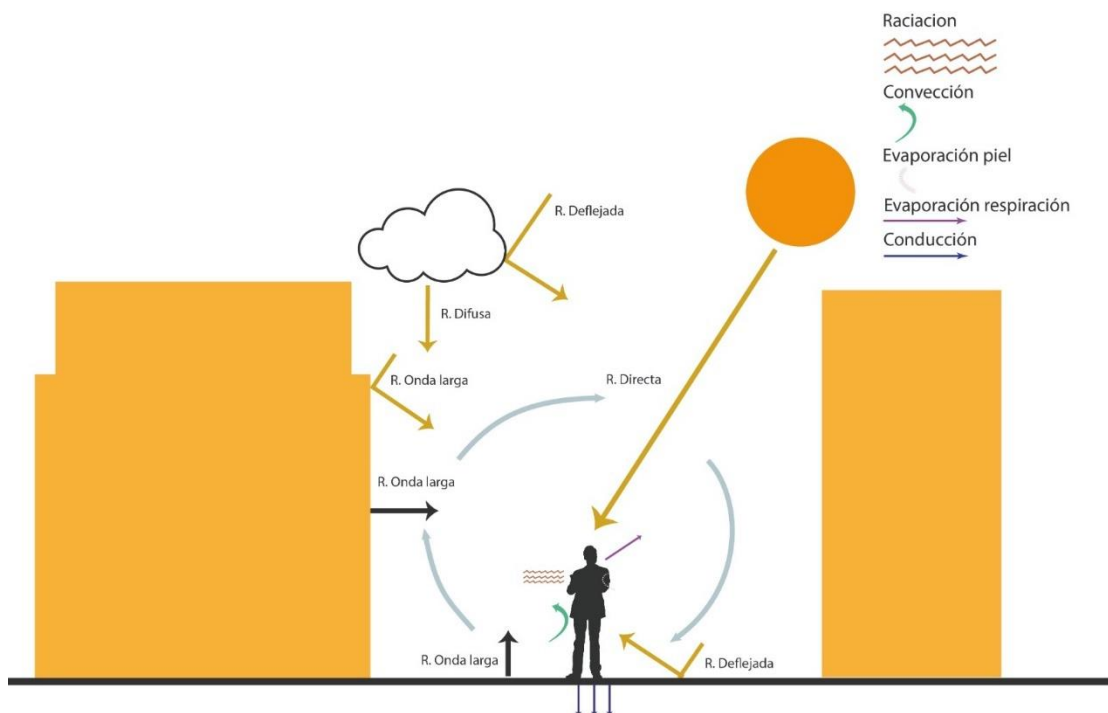


Figura 5. Microclima Urbana

Fuente: Cordero, [2014](#), p. 14. Redibujado por Melanie Santana 2025

Tabla 2. Clasificación de Microclimas Urbanos

Tipos de áreas	Descripción
Áreas residenciales	Menor temperatura y mayor humedad
Áreas comerciales/Industriales	Cálido y seco según actividad humana
Espacios verdes	Bajas temperaturas y mayor confort

Fuente: Higuera 1998, Elaboración propia

Las temperaturas elevadas en áreas circundantes el efecto que se concentra es isla de calor, teniendo varios efectos causados por el reemplazo de áreas de vegetación y superficies edificadas, teniendo demandas altas de electricidad por el uso de aires acondicionados. (Santamouris, 2014).

Las características principales del microclima urbano según (Turmini, 2012):

Temperatura: son más cálidas las áreas urbanas, fenómeno conocido como islas de calor, siendo la acumulación de calor en superficies artificiales como el asfalto y el concreto. (Oke T., 1987)

Viento: las altas edificaciones están reduciendo la evaporación afectando la humedad relativa. (Junmei, Liping, Jingfeng, Dengsheng, & Yuyu, 2017)

Humedad: se reduce la evaporación en las superficies impermeables (Oke T., 1987)

Los microclimas urbanos influyen en el confort térmico calidad del aire y la salud pública, afectando la calidad de vida de los habitantes. Un mal diseño urbano puede generar islas de calor, enfermedades cardiovasculares y respiratorias (Tang, 2017).



Figura 6. Microclima urbano componentes energéticos

Fuente: Tesis Effect of green roofs on urban summer microclimate

Elaboración propia

2.1.5 Clima Zonal

Se describe las condiciones climáticas de un área específica de una ciudad con peculiaridad como la trama urbana, densidad, tipo de construcción, áreas verdes y lagos.

2.2. Elementos del clima

Elementos geodinámicos procesos generados de la tierra: Temperatura, Presión, Viento (Maderey, 2005)

Elementos acuosos relacionados con el ciclo hidrológico: Humedad, Nubosidad, Precipitación y evapotranspiración (Maderey, 2005)

Según Kottek (2006), de todos estos elementos que se mencionan los más importantes para clasificar al clima es la temperatura y la precipitación según el sistema como el de Köppen, basándose en los límites térmicos y estacionales de precipitación (Balasubramanian, 2017)

2.2.1. Elementos Geodinámicos: Temperatura

El primer parámetro en revisar es la temperatura en áreas urbanas es influenciada por diversos factores claves para evaluar la salud y el confort. En el contexto urbano las ciudades muestran aumento térmico diferenciado, como la radiación solar; materiales de construcción que alteran el intercambio térmico y aumentan la temperatura local a limitar la disipación de calor (Rizwan A., Dennis L., & Liu, 2008); (Santamoris, 2015). El diseño de las urbes y las superficies impermeables como el concreto y el asfalto retienen el calor, causando efectos como: aumento en la temperatura superficial y contribuyendo al efecto de ICU (Oke T., The energetic basic of the urban heat island, 1982)

2.2.2. Elementos acuosos: Humedad

La humedad tiene el rol de la regulación del microclima urbano. Se representa mediante vapor de agua en el aire y afecta procesos como la formación de nubes, las precipitaciones y el confort térmico. En el contexto de terrazas verdes la vegetación aporta mejoras a la retención del agua, mitigando la humedad ambiental, reduciendo

las islas de calor generando mejoras en las condiciones térmicas locales (Climate Institute, 2023)

2.3. Escala Urbana

Para comprender el concepto se utiliza la interacción entre los procesos climáticos y entornos urbanos, según Oke 1987, se clasifican: microescala, mesoescala, microescala.

Tabla 3. Clasificación de Escalas Urbanas

Tipo de escalas	Descripción	Ubicación
Microescala	Reduce la temperatura superficial con consecuencias enfriamiento local, reducción de temperatura superficial mediante tratamiento de Terrazas verdes individuales en unidades pequeñas, impactando positivamente en su entorno (Oke T., 1987) (Grimmond C. & Oke T. , 1999)	Edificios-casas-calles-terrazas
Mesoescala	Influye en interacciones entre varios edificios colectivamente las terrazas verdes en sectores o distritos	Barrios – áreas urbanas

	urbanos evalúan el confort térmico	
	y la disminución de las islas de calor	
	(Santamouris, 2014)	
	Reducción de emisiones de carbono	
	reduciendo los efectos del cambio	
	climático con estrategias globales	
Macroescala	mediante soluciones a gran escala	Región – Ciudades
	basadas en la naturaleza, terrazas	
	verdes. (Emmanuel & Steemers,	
	2010)	

Fuente: Basada en Oke 1999; Santamouris 2014; Emmanuel 2010

Elaboración propia, 2024

2.3.1. Espacios Urbanos

Se define al espacio urbano como espacios que quedan libres entre edificaciones según morfología de las ciudades. (Krier, 1975). Ochoa 1999, menciona tres ámbitos morfológicos dentro del espacio urbano: espacio interior, espacio exterior, espacio intermedio. El espacio interior se encuentra confinado por tres dimensiones, frente al exterior, delimitado en dos dimensiones por el suelo y las edificaciones que lo rodean (Ochoa De la Torre & Serra, 1999). La vegetación presente en el espacio urbano puede encontrarse en el espacio interior la presencia de vegetación afecta el confort

interior e indirectamente se vuelve vulnerable el balance energético, en otro aspecto los elementos constructivos en lo que se trabaja la envolvente de la edificación alteran el balance energético del edificio en el exterior. Las cubiertas vegetales se embarcan en la última categoría integrando el balance térmico de la cubierta afectando elevadamente al consumo energético del edificio. Adicionalmente el espacio urbano abarca las áreas construidas áreas físicas donde se desarrollan actividades humanas dentro de la urbe, el espacio urbano puede clasificarse en términos de funcionalidad y la relación con el clima:

- Espacio construido: espacios que contribuyen a las islas de calor como edificios y calles.
- Espacios verdes: Mitigan el efecto de las islas de calor como resultado mejoran el balance energético trabajando en parques, terrazas verdes y jardines. (Grimmond C. & Oke T. , 1999)
- Espacios de transición: Promueven el flujo del aire y la diversidad mediante conexión de zonas construidas verdes en áreas semiurbanas.

2.3.2. Fenómenos Físicos

Se encuentran vinculados a las interacciones de energía y materia en sistemas urbanos en el contexto de terrazas verdes urbanas se incluyen los siguientes:

Tabla 4. Fenómenos físicos Urbanos

Fenómenos físicos	Descripción
Radiación solar	Reducción de temperatura, radiación absorbida mediante vegetación que actuara como aislante térmico (Sailor D., 2008)
Transferencia de calor	Reducción en la conducción y convección de calor en edificios urbanos mediante techos verdes (Getter K. & Rowe D., 2006)
Movimiento de aire	Reducción de acumulación del calor áreas densamente urbanizadas fomenta el flujo de aire más frescos (Taha , 1997)

Fuente: Basada en Oke 1999; Santamouris 2014; Emmanuel 2010

Elaboración propia ,2024

2.3.3. Elementos bióticos

La vegetación dentro de la urbe contribuyendo a la regulación de este balance, siendo un organismo vivo puede modificar los flujos de masa y energía, así como de entrada y salida del sistema desequilibrando el balance de manera global (Y. Li, 2021). Los componentes añadidos en los sistemas bióticos se añaden en la formulación del balance energético abiótico dados por la energía consumida en los siguientes procesos:

Transpiración: Proceso físico-biológico con el cual las plantas liberan agua a la atmósfera a través de sus hojas y tallos se desarrolla un fenómeno natural. (Taiz L., 2010). A su vez se produce el proceso de la presión que empuja al agua hacia arriba a todas las células de las plantas su principal función es eliminar en forma de vapor el agua que no utiliza la planta, la transpiración tiene una función de enfriamiento a la planta, para evaporarse el agua la planta necesita consumir muchas calorías (Mellert & Kamp, 2022).

Evapotranspiración: La evapotranspiración ocurre en función de los factores: climáticos, cultivo y manejo. Para que se produzca este proceso deben realizarse las siguientes condicionantes: presencia del agua, el vapor del agua se desarrolla mediante fuente de energía, separación del vapor del agua de la superficie.

Las plantas tienen dos fuentes de agua que son la lluvia y el riego. La evapotranspiración es afectada por múltiples factores: climatológicos, características del suelo, factores vegetales (Schuetze & Chelleri, 2021).

Tabla 5. Condicionantes para cálculo de evapotranspiración

Cálculo de evapotranspiración		
Climatología	Característica del suelo	Factores
Radiación solar	Textura	Tipo de plantación

Humedad relativa	Estructura	Profundidad de la raíz
Temperatura	Densidad	Densidad foliar
Velocidad del viento	Composición Química	Altura de las plantas
		Estado de crecimiento

Fuente: Sistema de información agroclimática para el Regadío

Elaboración propia, 2024

Fotosíntesis y procesos metabólicos: Procesos específicos de la capa vegetal consumiendo grandes cantidades de energía: fotosíntesis y los procesos metabólicos

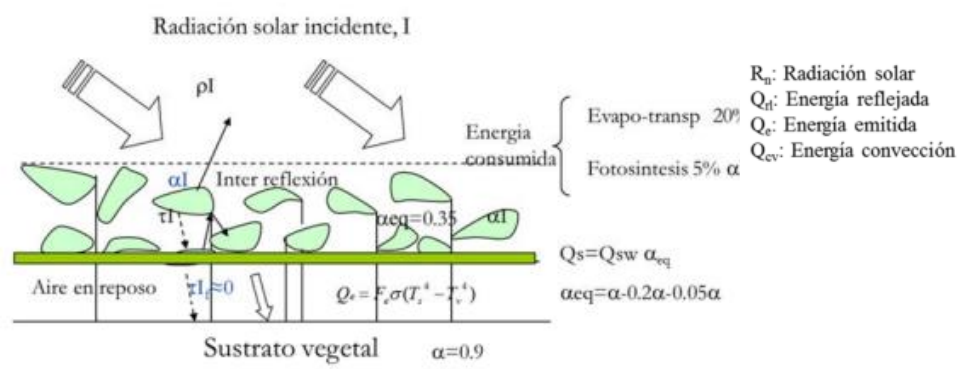


Figura 7. Componentes del balance energético de una cubierta vegetal

Fuente: Tesis Effect of green roofs on urban summer microclimate

Los elementos bióticos en el entorno construido comprenden en flora y fauna que interactúan en las terrazas verdes y se clasifican en:

- Biodiversidad: especies vegetales en terraza verde incrementa la resiliencia antes eventos extremos mejorando los servicios ecosistémicos (Rosenzweig, Solecki, & Slosberg R., 2006)
- Vegetación: sumidero de carbono, filtra contaminantes de aire, regulando la temperatura artificial.
- Impactó de Fauna: desarrollaron hábitats para polinizadores y aves urbanas, creando conectividad ecológica en paisajes urbanos fragmentados (Lundholm, 2006)

2.4. Propiedades térmicas de los materiales de construcción

En primer lugar, se determina el comportamiento de los materiales frente a los cambios de temperatura: intercambio de calor siendo una de sus variables cuantificables: temperatura, presión, masa y volumen. Se e reflejado de la estructura física, anatómica y molecular. El sector de la construcción está contribuyendo significativamente al CC debido al consumo energético y a sus gases de efectos invernadero. (Naciones Unidas, 2020)

2.4.1. Conductividad térmica

Se conoce por la transferencia del calor de manera unidireccional al material por unidades de área por unidad de diferencia de temperatura, esta propiedad depende de la estructura física, atómica y molecular de la materia lo que se releja en su estado. La conductividad térmica de un material indica que es un buen conductor de lo contrario el valor bajo representa que el material es mal aislante, si el material tiene

conductividad térmica los materiales solidos es mayor a los líquidos y esto mayores a los gases. En los materiales solidos la conductividad depende de las interacciones atómicas en la distribución cristalina del material característica de este estado (Yunus A. & Asshin J.)

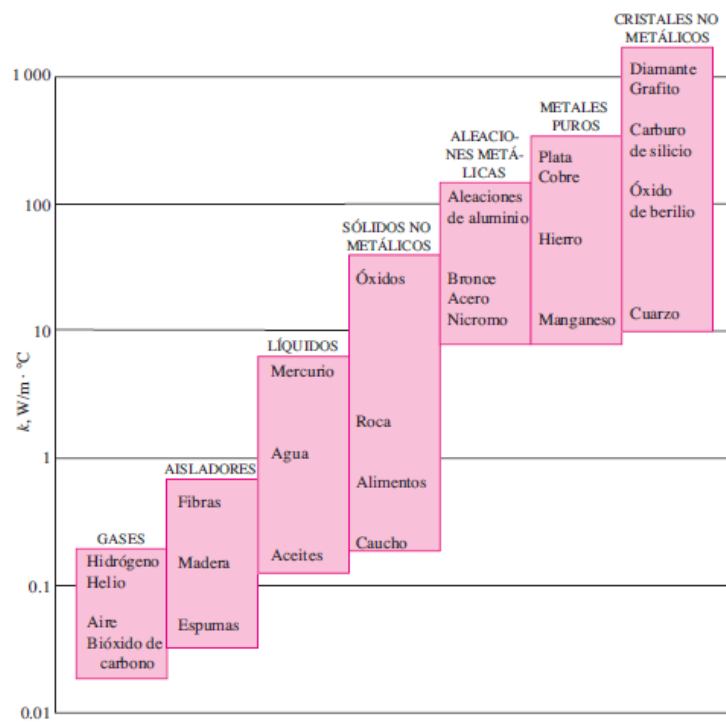


Figura 8. Transferencia de calor en materiales.

Fuente: Yunus A. Cengel

2.4.2. Calor específico

Transferencia de calor: el flujo de calor a través de una pared depende de la diferencia de temperatura, de la conductividad térmica de los materiales utilizados y de su espesor. (Nahed, Marwa, Ameni, & Odio, 2024)

Tabla 6. Materiales, espesor y propiedades térmicas de cada uno de los elementos empleados

Elemento	Materiales	Espesor mm	U(W/m ² .k)	Admitancia (W/m ² ·K)	Absorción solar
Pared	Ladrillo recubrimiento ambos lados	Ladrillo 110 estaco 10	2.77	4.51	0.301
Ventana	Panel de vidrio con marco de aluminio	Vidrio 12mm	5.44	5.39	Material altamente reflectivo
Separación de ventana	Tabique de hormigón	100	2.20	2.10	0.400
Puerta	Madera contrachapada	2.98	0.65	0.65	0.55
Techo	Fibrocemento	3	5.41	5.35	0.70

Piso	Losa concreto	de 6	0.88	6.00	0.
------	------------------	---------	------	------	----

Fuente: Techos verdes: una estrategia sustentable

Elaboración propia, 2024 adaptada de (Yunus A. & Asshin J.)

La tabla 6 nos indica los materiales que se utilizan en la edificaciones, materiales más utilizados por admitancia y absorción.

2.5. Soluciones basadas en la naturaleza

Desde los años 60s se tenía presente al uso de la naturaleza como base en el desarrollo sostenible, las soluciones basadas en conjunto de acciones o políticas aprovechando a la naturaleza para abordar desafíos climáticos urgentes con el fin de mitigar los efectos del CC.

2.5.1. Terrazas verdes

Las terrazas verdes, también conocidas como techos verdes o cubiertas vegetales, son superficies de azoteas que incorporan una capa de vegetación, la cual se compone de sustrato, sistemas de riego y drenaje. Al mismo tiempo Odli conceptualiza a las terrazas verdes como un manto con vegetación que se ubica en la cubierta y con vegetación que crece (Z.S., y otros, 2016).

Las terrazas verdes según la Organización Green Roofs for Healthy Cities los define como espacios verdes “contenidos” en la parte superior de una estructura “techo” hecha por el hombre, este espacio puede estar por debajo al ras del piso o por

encima del suelo con una estructura de soporte, siendo una extensión del techo existente donde se impermeabiliza se ubica un sistema de drenaje, tela del filtro finalmente un cultivo liviano y plantas endémicas. Los sistemas de techos verdes pueden ser modulables (Green Roofs, 2004). El techo verde está conformado por: vegetación, sustrato, capa filtrante, drenaje y retención del agua, capa de protección, impermeabilizante, aislante térmico, barrera de vapor. (Morales Mojica, Cristancho Santos, & Baquerizo Rodriguez, 2017)

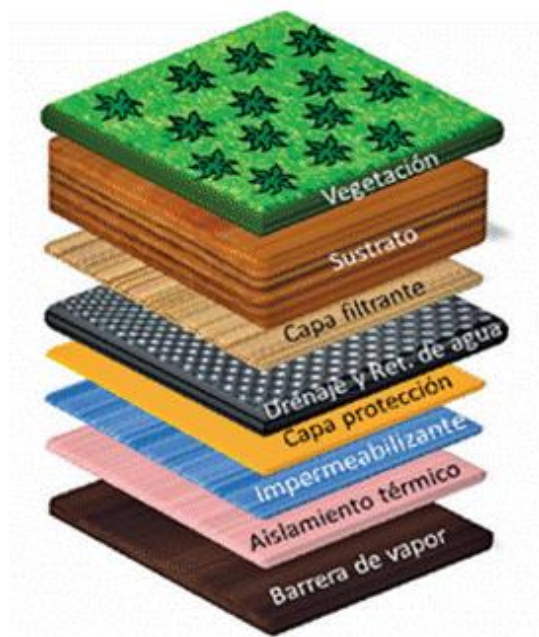


Figura 9. Composición del techo verde

Fuente: Morales, Cristancho & Baquero

La vegetación es la primera capa de un techo verde conformada por plantas que se adaptan al clima, el sustrato es una capa posterior la cual fundamenta el sistema encontrándose los nutrientes, agua y el soporte de la vegetación instalada, la capa

filtrante funciona principalmente al lavar las partículas más pequeñas provenientes del sustrato abasteciendo a la vegetación. La capa de drenaje y retención de agua su función principal es recopilar el aislamiento térmico. La capa impermeabilizante cumple la función de barrera protectora. (Morales Mojica, Cristancho Santos, & Baquerizo Rodriguez, 2017). Los techos verdes tienen tres grupos según su clasificación: intensivos, extensivos y semi intensivos.

Techos verdes extensivos: requieren mayor mantenimiento en su instalación, el 91% aproximadamente de los casos estudiados los techos verdes intensivos los costos de mantenimiento son menores y el peso kg en el techo es menor en comparación con los tipos intensivos (Morales Mojica, Cristancho Santos, & Baquerizo Rodriguez, 2017)

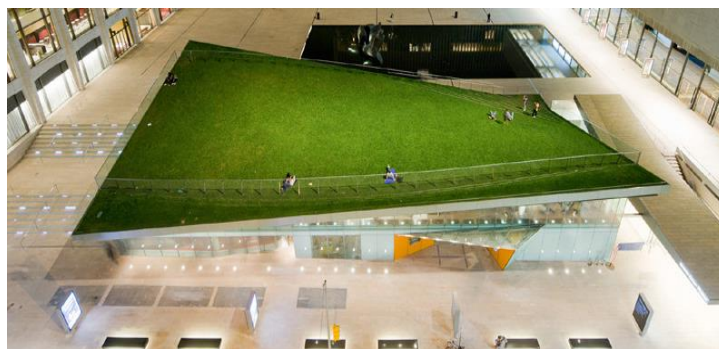


Figura 10. Cubierta verde extensivo, proyecto: Ampliación del preescolar Cocoon en Bloomingdale International School / andblack design studio

Fuente: Archdaily 2017

Techos verdes intensivos: se los conocen como jardines ordinarios son accesibles pueden tener áreas transitable peatonales, cuentan con un sustrato grueso que soporta una gama amplia de vegetación, desde plancton, arbustos y árboles, tiene una capa base

de 60cm incrementando el peso del sistema estructural los costos de mantenimiento son altos debido a la poda, fertilización y riego constante. Se considera ubicar este tipo de cubierta verde en edificaciones en concepción por su peso en kg en la cubierta porque requiere cálculos estructurales detallados (Lopez, 2010) .



Figura 11. Techos verdes Intensivos

Fuente: Edificio Centro Médico Kampung Admiralty / WOHA, Archdaily 2017

Techos verdes semi- intensivos: es considerado un sistema intermedio, el espesor del sustrato varia de 12 a 30cm según el tipo de vegetación requiere un mantenimiento periódico. El peso de la cubierta va desde 150-250kg/m² (Lopez Gonzalez, Camacho , Martinez Rodriguez, & Marcelino Aranda , 2020)



Figura 12. Cubierta verde Semi-intensiva, proyecto Casa Galería / Ogrydziak Prillinger Architects

Fuente: Archdaily 2009

Tabla 7. Clasificación de Techos verdes

Características		Extensivo	Semi intensivo	Intensivo
Espesor de sustrato		20 cm	10-20cm	>20cm
Peso adicional		30 a 220 kg/m2	150-250kg/m2	300 a 1500 kg/m2
Tipo de vegetación		Musgos, hierba y pasto	Arbustos pequeños y pasto	Arbustos y arboles pequeños
Uso		Decorativo cultivo	y Decorativo cultivo	y Recreación
Mantenimiento		Simple	Variable	Complejo

Riego	Poco frecuente	Variable	Constante
Demanda	Alta	Media	Baja

Fuente: Techos verdes: una estrategia sustentable

Elaboración propia,2024 adaptada de (Lopez Gonzalez, Camacho , Martinez Rodriguez, & Marcelino Aranda , 2020)

En la siguiente tabla conoceremos las características y diferencias comparativas que presenta las terrazas verdes más comunes: extensivos, semi intensivos e intensivos.

Tabla 8. Características de tipo de terrazas verdes

Características y Diferencias en terrazas verdes		
Extensivo	Intensivo	Semi intensivo
Liviano	Análisis estructural por peso kg del espesor del sustrato	Depende del tipo de vegetación se realiza un análisis estructural de cargas.
Apto para áreas grandes	Mayor potencial de biodiversidad	Se adapta a cualquier área
Menor mantenimiento	Mayor mantenimiento	Depende del tipo de vegetación

Se recomienda para proyecto de remodelaciones	Se utiliza en la concepción del proyecto	Se recomienda para proyecto de remodelaciones
Menor costo de inversión	Mayor costo de inversión	Depende del tipo de vegetación

Fuente: Techos verdes: una estrategia sustentable

Elaboración propia, 2024 adaptada de (Lopez Gonzalez, Camacho , Martinez Rodriguez, & Marcelino Aranda , 2020)

2.5.2. Beneficios de los techos verdes

Estudios realizados por (Berardi & GhaffarianHoseini, 2014) indican los múltiples beneficios ambientales en entornos urbanos, desde la reducción de la temperatura hasta la absorción de contaminantes atmosféricos y la regulación del agua pluvial (Getter K. & Rowe D., 2006). En el contexto de cambio climático, las terrazas verdes se consideran una solución basada en la naturaleza, capaz de reducir la demanda energética y mejorar las condiciones de confort térmico en los edificios (Oberndorfer, Lundholm, & Bass, 2007). Estudios recientes han demostrado que las terrazas verdes pueden reducir significativamente el efecto de isla de calor urbana (ICU) y son especialmente efectivas en ciudades con climas cálidos (Santamouris, 2014)

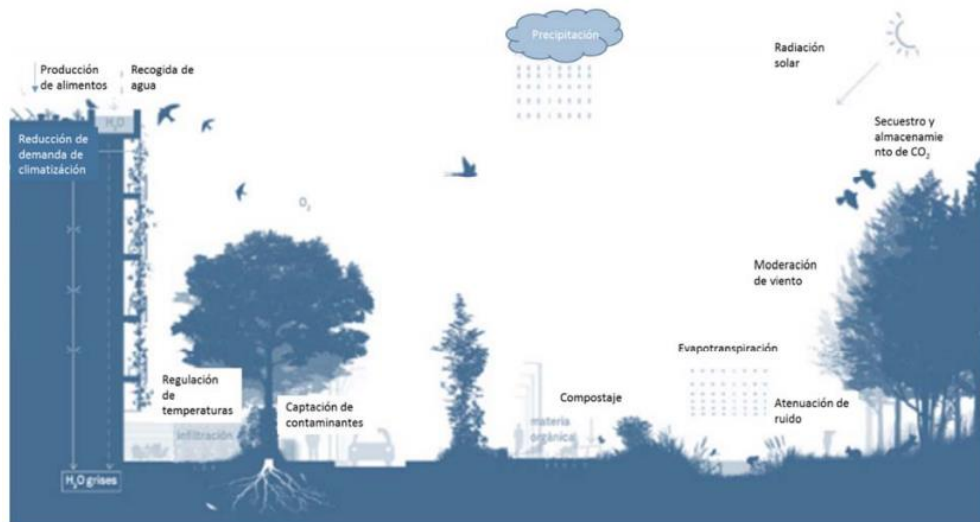


Figura 13. Aspectos urbanos y los sistemas de vegetación urbana

Fuente: Barcelona, 2011

Las terrazas verdes pueden mitigar este aumento al proporcionar una superficie permeable que absorbe menos calor y, en cambio, permite la evapotranspiración, un proceso que ayuda a enfriar el aire circundante (Sailor, 2008). Este fenómeno es crucial en ciudades tropicales como Guayaquil, donde las altas temperaturas se ven exacerbadas por la ICU. Ciudades como Toronto indican la capacidad para retener el agua hasta 222 millones de litros anuales, mitigando el efecto de las islas de calor disminuyendo temperaturas en áreas urbanas.

La instalación de terrazas verdes urbanas tiene ventajas ambientales, económicas y sociales, varios autores y organizaciones han realizados sus investigaciones teóricas y prácticas demostrando eficacia teniendo resultados en la reducción de las escorrentías, efectos de las islas de calor, incrementa la vida útil de las

cubiertas mejorando la salud física y mental de las personas colaborando y contribuyendo al desarrollo sustentable. Aportan beneficios positivos las terrazas verdes disminuyendo las ICU contrarrestando la temperatura extrema (Berardi & GhaffarianHoseini, 2014). Finalmente contribuyen en el decrecimiento del cambio climático.

Tabla 9. Beneficio de Cubiertas verdes

Sector	Beneficios
Ambiental	Termorregulación del ambiente
	Disminución del efecto de islas de calor urbano
	Renueva la calidad de aire
	Captación de CO ₂
	Reducción de escorrentías
	Aprovechamiento del agua pluvial
	Aislamiento acústico
	Conservación de la biodiversidad
Económico	Incentivos fiscales
	Incremento en el valor de los inmuebles
	Aumento en la vida útil de los tejados
Social	Reducción en el consumo de energía
	Mejora en la salud física y mental

Disminución en los porcentajes de la mortandad
Fomento en la relación sociales
Acceso a la educación verde
Obtención de productos agrícolas para el autoconsumo
Urbes más estéticas

Fuente: Techos verdes: una estrategia sustentable

Elaborado por: (Lopez Gonzalez, Camacho , Martinez Rodriguez, & Marcelino Aranda , 2020)

2.5.3. Vegetación endémica para terrazas verdes extensivas

Según análisis del marco teórico acerca de las cubiertas verdes, las Cubierta verde extensiva se adaptan mejor al proyecto, se recomienda utilizar vegetación endémica o vegetación introducida que sea apta para largas jornadas de temperatura alta, en la siguiente tabla se indica las plantas a trabajar en el presente trabajo de tesis.

Tabla 10. Plantas para prototipo de terrazas verdes urbanas

Vegetación para prototipo			
Nombre común	Nombre científico	Tipo de Planta	Zona
Maní forrajero	Arachis pintoi	Herbácea	Introducida

Festuca alta	Lolium arundinaceum	Herbácea	Introducida
Bahia Grass	Paspalum notatum	Herbácea	Introducida

Fuente: Instituto Nacional de Biodiversidad 2017

Elaboración propia ,2024 adaptada al Instituto Nacional de Biodiversidad 2017

- **Maní forrajero o Arachis pintoi**

Según Rincón (1992) Es una leguminosa herbácea perenne de crecimiento rastrero y estolonífero, produce estolones abundantes y es capaz de producir en sus nudos plantas nuevas facilitando el rápido crecimiento en el terreno. Tiene la altura entre 20 a 40cm posee una raíz pivotante suele llegar a 30cm de profundidad. Las hojas son alternas compuesta con cuatro folíolos aovados de color verde claro a oscuro, presenta floración indeterminada. (Rincón C., A.; Cuesta M., P. A.; Pérez S., R., 1992).

Esta luminosa crece bien en regiones con climas tropical, su desarrollo y producción se obtiene en suelos de textura franca hasta arcillosa también se establece en suelos de fertilidad media alta, produce entre 500 -700 kilos de materia seca por años, tolera las sequias moderadas (Rincón C., A.; Cuesta M., P. A.; Pérez S., R., 1992).



Figura 14. Maní Forrajero

Fuente: PlantSystematics

- **Festuca alta (*Lolium arundinaceum*)**

Es una herbácea perenne pertenece a la especie monocotiledónea de la familia Poáceas, es una gramínea de crecimiento invierno – verano crece de 45 a 180cm de altura con hojas verdosas oscuras y espiguillas alargada, tiene una fuerte y profunda raíz que obtiene el agua del suelo. Es una especie con excelente calidad y una gran producción de forraje, su crecimiento inicial es lento se cultiva ampliamente como planta de forrajera y para la creación de césped. (Marín Santana , 2017)



Figura 15. Festuca alta

Fuente: Tesis Evaluación de los pastos Ryegrass (*Lolium arundinaceum*) y Festuca (*Festuca arundinaceum*)

- **Bahía Grass (*Paspalum notatum*)**

Es una gramínea rizomatosa perenne pertenece a la familia Panicoideae el cual comprende cerca de 350 especies, siendo uno de los más numerosos de las Poaceae. Se lo conoce por su prominente inflorescencia en forma de V que consta de dos racimos en forma de púas que contiene múltiples espiguillas diminutas con una altura aproximada de 11 a 14 pulgadas, es de crecimiento bajo y rastreras con estolones y rizomas robustas y escamosas. Es una especie tolerante a suelos infértiles, sequias, calor, resistentes a plagas e insectos por la supresión de nematodos, una de sus características más importantes es su modo de reproducción. Se adapta a suelos livianos y arenosos de baja fertilidad y alta saturación de aluminio (Lab, 2025)

El tipo de vegetación que se está mencionando se adapta al calor propio de la ciudad, esta vegetación es de poco mantenimiento y de poco riego.



Figura 16. Bahia Grass

Fuente: Jardinería ecuador

2.5.4. Balance energético

El balance energético urbano se define como la energía del sol interactuando con la superficies construidas y vegetación en las urbes, las terrazas verdes urbanas contribuyen al balance energético mediante:

- Reducción del calor sensible: la vegetación convierte la energía solar en calor latente mediante la evapotranspiración. (Berardi & GhaffarianHoseini, 2014)
- Aislamiento térmico: las terrazas verdes su fluctuación de temperatura disminuye la temperatura interna en las edificaciones. (Sailor D., 2008)
- Albedo: la vegetación en techos verdes incrementa el albedo. Trabajando en una reducción de la absorción de la radiación solar. (Akbari, Pomerantz, & Taha, 2001)

2.5.5. Parámetros característicos

Los parámetros característicos que se encuentran en las terrazas verdes incluyen propiedades físicas y químicas incluyendo en su desempeño:

- Profundidad del sustrato: se afecta la salud de la planta y la capacidad de retención del agua (Getter K. & Rowe D., 2006)
- Tipo de Vegetación: para mitigar las temperaturas urbanas se deberá ubicar vegetación de alta transpiración (Lundholm, 2006)
- Conductividad térmica: El sustrato proporciona un aislamiento térmico, los sustratos profundos combinados con plantas nativas mejoro significativamente la eficiencia térmica y la retención de agua en los techos verdes. (Vijayaraghavan, 2016)

2.5.6. Factores Morfológicos

Los factores morfológicos se encuentran relacionados con la forma, tamaño y disposición de los edificios y su morfología urbana:

-Altura y densidad de edificios: conjunto de áreas con edificaciones altos y densos, si se ubican terrazas verdes beneficiaran por el aumento del flujo de aire y las sombras. (Oke T., 1987)

-Orientación: influye mucho la ubicación según orientación de la terraza verde para su efectividad térmica (Emmanuel & Steemers, 2010).

-Interacción con calles y espacios urbanos abiertos: las infraestructuras verdes van ligadas a las terrazas verdes urbanas promoviendo corredores climáticos (Gill S., 2007)

2.5.7. Factores Antropógenos

Se especifica como aquellas actividades humanas que afectan el clima urbano y la eficiencia de las terrazas verdes

-Emisiones de calor y gases: el ubicar terrazas verdes reduce la concentración de contaminantes atmosféricos y el calor producido por las actividades humanas (Santamoris, 2015).

-Diseño urbano sostenible: Los proyectos urbanos deberán fomentar la adopción de tecnologías sostenibles con inclusión de terrazas verdes urbanas (Rosenzweig, Solecki, & Slosberg R., 2006)

-Comportamiento humano: Los residentes que se encuentran en las edificaciones el mantenimiento deberá ser esencial para su eficacia en el tiempo.

2.5.8. Confort Térmico

El confort térmico se refiere al estado en el que una persona se siente satisfecha con las condiciones térmicas de su entorno (Roth, 2017). En las ciudades, las temperaturas elevadas, especialmente en zonas sin áreas verdes, impactan negativamente en el confort térmico, afectando el bienestar y la productividad de sus habitantes (Santamouris M. , 2017). Las terrazas verdes contribuyen al confort térmico al actuar como aislantes naturales, reduciendo la ganancia de calor en los edificios y disminuyendo la necesidad de sistemas de climatización artificial (Berardi et al., 2014). En estudios sobre el impacto de los techos verdes, se ha encontrado que estos pueden reducir la temperatura interna de los edificios en hasta 3 °C durante el verano, mejorando notablemente el confort térmico de los ocupantes (Getter & Rowe, 2006)

Al mismo tiempo se adopta medidas que trabajen en la búsqueda del confort ideal en las edificaciones de clima cálido tropical, se trabaja con criterios bioclimáticos basada en las cartas bioclimáticas de Givoni aportara estrategias pasivas en función de las condiciones según el clima. Las representaciones del clima que se maneja en el diagrama psicrométrico: las humedad, temperatura máximas y mínimas de cada mes, donde recaiga las líneas en el diagrama, nos dará las estrategias bioclimáticas que se deben emplear en el edificio, (Gómez Azpeitia & Tejeda Martinez, 2023) la adopción de resolución del diagrama se verifica con la medida de la de ubicar terrazas verdes.

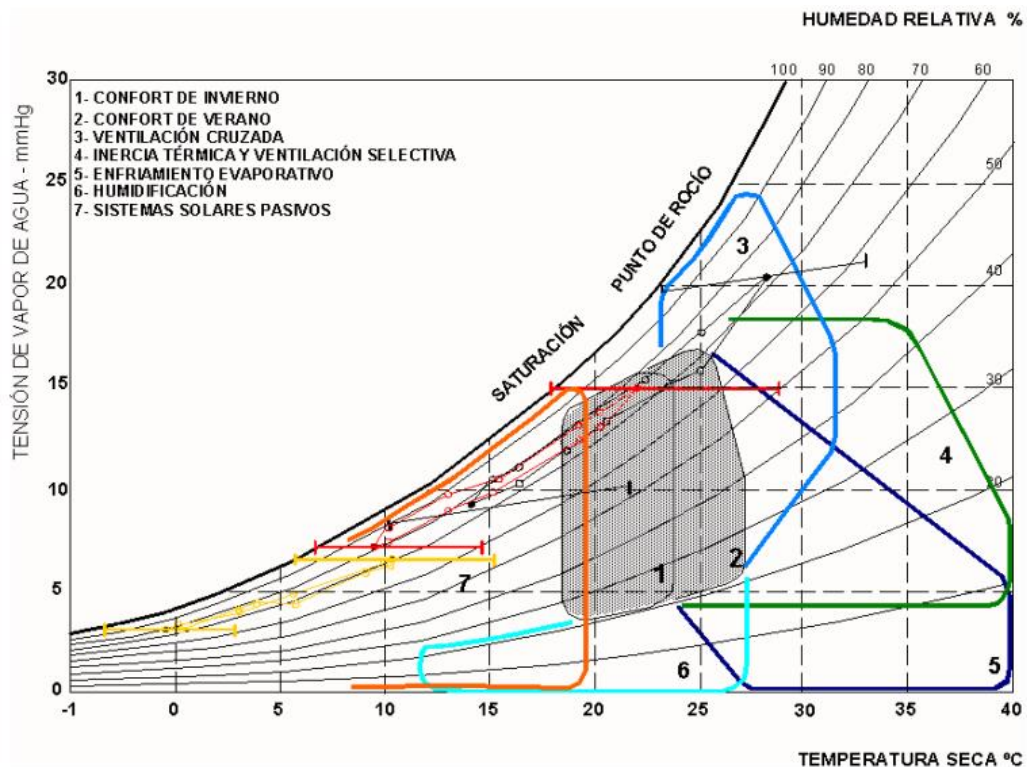


Figura 17. Estrategias de enfriamiento pasivo y sus límites, para países no desarrollados de clima cálido

Fuente: Arquitectura y Confort. Gómez A. 2023 / Givoni B., 1998

2.6. Islas de Calor

El fenómeno ICU ocurre cuando las temperaturas ascienden debido a este evento tenemos temperaturas extrema, en áreas rurales circundantes debido a la acumulación de materiales que retienen el calor y la ausencia de vegetación (Oke T., 1987). Las ICU no solo incrementan las temperaturas, sino que también afectan la salud pública y el consumo energético de las ciudades (Santamouris, 2014). Diversos estudios han demostrado que la implementación de terrazas y otras infraestructuras verdes reduce el impacto de la ICU al permitir que las superficies urbanas liberen el

calor de manera más efectiva y promuevan la captación de agua (Berardi & GhaffarianHoseini, 2014)

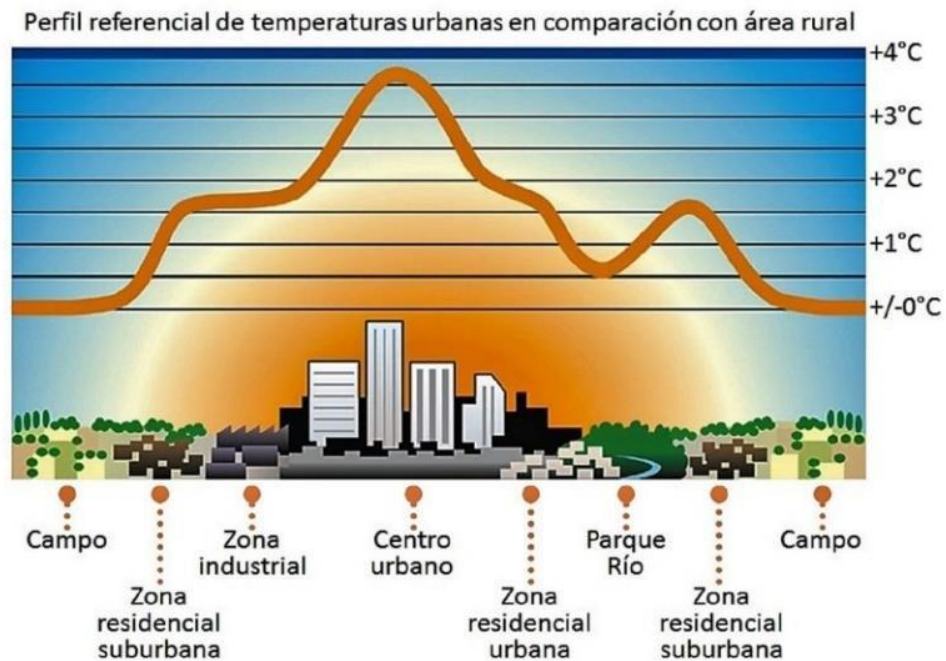


Figura 18. Isla de Calor Urbana

Fuente: (Jimenez Ferrer, Arco Diaz, & Hidalgo Garcia, 2019)

2.6.1 Islas de Calor en Guayaquil

El efecto de las islas de calor en guayaquil se debe al rápido crecimiento, densidad población alta, escasez de áreas verdes, actividades antropogénicos y factores climáticos locales (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], 2020)



Figura 19. Islas de calor Urbana - Guayaquil

Fuente: (Jimenez Ferrer, Arco Diaz, & Hidalgo Garcia, 2019)-Redibujado: Elaboración propia 2025 - Ilustrador

2.7. Mitigación

En cuanto a conceptualización se trata de llevar a cabo acciones que reduzcan los GEI (IPCC, 2014). En ciudades, las estrategias de mitigación incluyen desde la adopción de energías renovables hasta el uso de infraestructura verde, como las terrazas verdes, que ayudan a absorber el CO₂ y moderar las temperaturas urbanas (Getter & Rowe, 2006). En el caso de Guayaquil, la adopción de terrazas verdes representa una opción efectiva de mitigación frente al cambio climático y una solución para mejorar la eficiencia energética en el entorno construido (Solecki et al., 2018).

2.8. Medidas de intervención - Casos de estudio

Se presentan dos proyectos con soluciones que incorporan medidas de mitigación:

2.8.1. Proyecto cubierta verde extensiva en Edificio de Portland

El edificio está ubicado en el centro de Portland Oregon, el inmueble alberga oficinas de servicio generales construido en 1981, fue declarado como un prototipo de la arquitectura posmoderna. El techo estaba al final de su vida útil y surge la propuesta de incluir techos verdes que potencie el uso de cubiertas verdes en edificios públicos, los estudios demostraron que la protección adicional que brinda un techo verde puede multiplicar la vida útil de un techo obteniendo grandes beneficios con menores costos en calefacción, uso de AACC, reducción de escorrentías de aguas pluviales y reducción de ICU. El diseño se desarrolló en el año 2005 por los arquitectos Carleton – Hart, el diseño paisajista de Macdonald Environmental Planning, para verificar si la estructura existente va a soportar el peso adicional de la cubierta verde los ingenieros civiles de KPFF realizaron un análisis estructural del inmueble siendo un desafío para un edificio existente. Se propuso implementar cubierta verde extensiva con un área 1.691m² el tipo de vegetación es *laserdumepath ufolium* llamado comúnmente-trebol blanco, planta endémica en Europa el peso kg es 1200kgs/m². El proyecto trabaja con los ODS 7, ODS 11-ODS 13, ODS 15 (Greenroofs, 2025)



Figura 20. Diseño propuesto para el edificio Portland

Fuente: (Greenroofs, 2025)

2.8.2. Cubierta verde extensiva en naves de mecanizado industrial Ampo

Las naves industriales de Ampo se encuentran en la localidad de Guipuzcoa-España, su objetivo principal es mitigar los efectos del CC disminuyendo el consumo de los sistemas de climatización del edificio con el fin de contribuir a fijar el nivel de CO_2 , teniendo como beneficio la reducción del CO_2 . Por otra parte, se indica que el ajardinamiento de la cubierta ofrece un mayor confort térmico evitando que la temperatura oscile ostensiblemente en el día y la noche, también trabaja con el clima de la zona mediante el sistema de biofiltración natural e impide que los contaminantes y toxinas lleguen a las bajantes. La propuesta a implementar es el uso de cubierta extensiva con un peso de 69 kgs/m^2 , los resultados en 1 m^2 de cubierta verde absorberá 5 kg de CO_2 al año, absorbiendo 30 toneladas de CO_2 por año, con un rendimiento energético muy alto en calefacción (25%), refrigeración (75%), el área total que ocupa el diseño es 6.800 m^2 el tipo de vegetación es sedum y césped. El proyecto incorpora

los siguientes objetivos de desarrollo sostenible 2030, ODS 9, ODS 11, ODS12, ODS 13, ODS 15 (Interempresas, 2018).



Figura 21. Diseño propuesto para las naves industriales Ampo

Fuente: (Interempresas, 2018)

2.9. Contribución de investigación a los ODS

Los ODS surgen de una iniciativa de la ONU que buscan abordar los retos mundiales, como el CC, la pobreza y la sostenibilidad urbana (PNUD, 2015). En el contexto de esta investigación los objetivos que contribuirán son los siguientes ODS 3,8, 9, 11, 13, 15 con aporte a la resiliencia climática y la sostenibilidad son especialmente relevantes. Los seis ODS promueven una salud y bienestar para los habitantes, planificación holística para comenzar una nueva visión en el diseño sustentable, calidad de vida, medidas de mitigación creando ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, mientras que el ODS 13 -15 insta a adoptar medidas urgentes contra el cambio climático y sus efectos. (Naciones Unidas, Objetivos de

Desarrollo Sostenible , 2024) Las terrazas verdes se alinean con estos objetivos al promover la sostenibilidad y mejorar la calidad de vida en las ciudades (ONU HABITAD, 2020)



Figura 22. Objetivos de desarrollo sostenible

Fuente: (Naciones Unidas, Objetivos de Desarrollo Sostenible , 2024)

CAPÍTULO 3

3.METODOLOGÍA

De manera general el trabajo consiste en una investigación de enfoque cuantitativo, el proyecto se lleva a cabo para generar conocimientos que impulsen la construcción de terrazas verdes en la ciudad de Guayaquil en edificaciones ya construidas. La forma que se va a desarrollar la metodología del estudio consta en tres fases, se detalla en el siguiente flujograma (Figura 22)

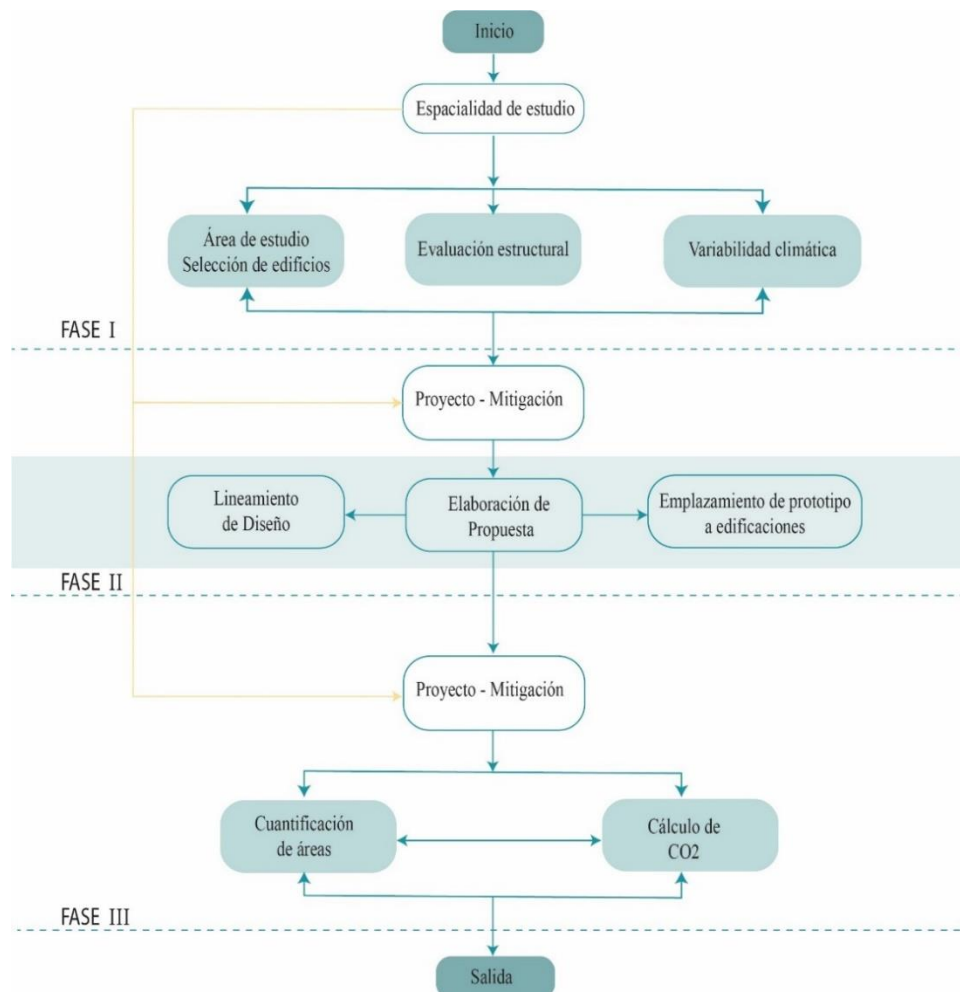


Figura 23. Esquema de la metodología del estudio

Elaboración propia 2025

3.1. Fase I – Espacialidad del Estudio

3.1.1. Área de estudio

La ciudad de Guayaquil está ubicada en la provincia del Guayas es el mayor centro Urbano del Ecuador además es una de las más importantes Costas del Pacífico. Se sitúa al noroeste de América del Sur en la Costa del Océano Pacífico con una Latitud: $-2^{\circ}10'S$; Longitud: $79^{\circ}54'W$), su clima estuarino cálido y húmedo. Cuenta con dos temporadas climáticas; temporada lluviosa comprende de diciembre a mayo registrando temperaturas de $26.4^{\circ}C$ - $32^{\circ}C$ con precipitación anual 80%, temporada seca de junio a noviembre (temperatura media de $23.6^{\circ}C$) debido a la corriente de Humboldt que trae aire frío según registra temperaturas $24^{\circ}C$ - $30^{\circ}C$ (INAMHI, 2020)& (Rossel & Cadier , 2009).

La Figura No 23, presenta la ubicación geográfica de la ciudad de Guayaquil ubicada en el centro oeste del Ecuador con un área de $344.5km^2$ se conoce a la urbe como el acceso directo a las playas del Pacífico e Islas Galápagos (INAMHI, 2020). El periodo más húmedo del año dura 8.2 meses aproximadamente de noviembre a julio con un promedio de 60% humedad de relativa. En enero a junio la velocidad del viento aproximadamente es 9.09 kilómetros por hora de julio a diciembre con más de 12.6 kilómetros por hora. Las condiciones de lluvias tendrán las peores condiciones térmicas como afectando la temperatura del aire, la presión del vapor son las más altas y la velocidad del viento más baja (Johansoon, Wasim, & Arroyo, 2018)

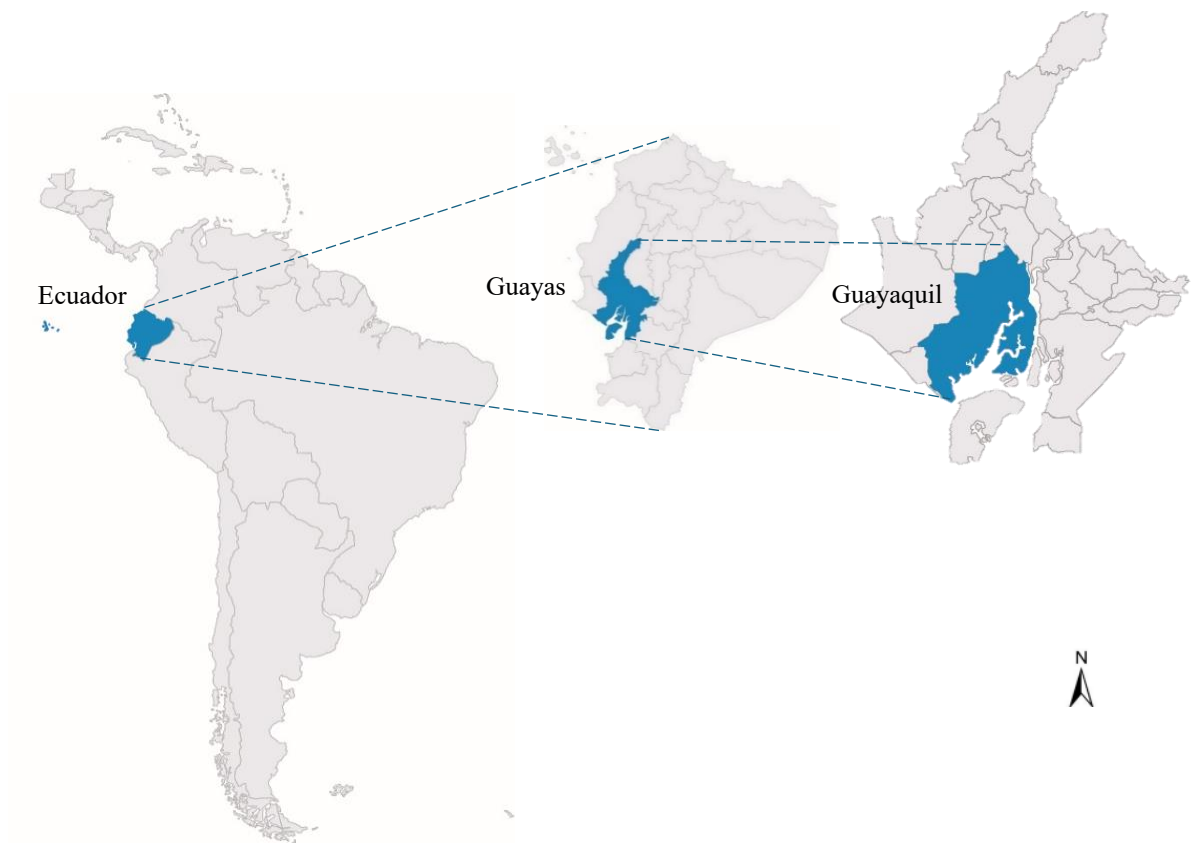


Figura 24. Localización geográfica de la ciudad de Guayaquil

Elaboración propia,2024- Ilustrador

Guayaquil se caracteriza por un rápido crecimiento durante la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad, siendo una de las mayores ciudades con grado de expansión de América del Sur (Henriquez & Romero , 2019). De acuerdo con el censo de población del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC, 2022) guayaquil tiene una población de 2746.403 según proyecciones INEC 2024 para el 2030 Guayaquil tendrá 3104.767. Con base a la información del Muy Ilustre Municipio de Guayaquil el área de la urbe se encuentra dividida por nueve distritos administrativos

que comprenden las áreas: urbanas, zonal, sectorial y barrial (M. I. Municipio de Guayaquil, 2019).

De acuerdo con informes generales de OMM y el IPCC ha ubicado a la ciudad de Guayaquil entre las urbes con mayores anomalías en su clima. El calor extremo ubica a la ciudad en nivel de peligro medio causando sensación térmica elevando el estrés térmico, ICU que se encuentran en el casco comercial - empresarial de la urbe en el sector del boulevard 9 de octubre marca un pico de $+5.32^{\circ}\text{C}$ (sensación térmica), con temperaturas con rango 40°C - 44°C compromete la calidad de aire a nivel del suelo afectando directamente las cubiertas de las edificaciones y sus fachadas. Por otro lado, podemos encontrar en el centro de Guayaquil calles ortogonales, regulares rodeada por edificios rascacielos, edificios públicos, edificios medianos y casas construidos con material de alto albedo que afectan la capacidad de aislar siendo los responsables del almacenamiento de energía (Quagliolo, Pezzoli, Ignaccolo, & Santos Davila, 2020).

3.1.2. Selección de edificios

Se seleccionaron tres edificaciones ubicados en el centro de la ciudad de Guayaquil en el sector del casco empresarial (Distrito 3 Nueve de Octubre) área con temperaturas superficiales altas con picos de 44°C - 45°C está experimentando ICU significativas, se encuentra configurada por alta densidad de edificios y poca vegetación comprometiendo la calidad de vida de los habitantes (Carlos Palacios P., 2017).

Los casos de estudios son: La Previsora, Torres la Merced, Torres del Río, construidas en el año 1982 a 1995, se visualiza en la Figura N°24 la ubicación de los edificios, Figura N°25 se observa las imágenes de las edificaciones

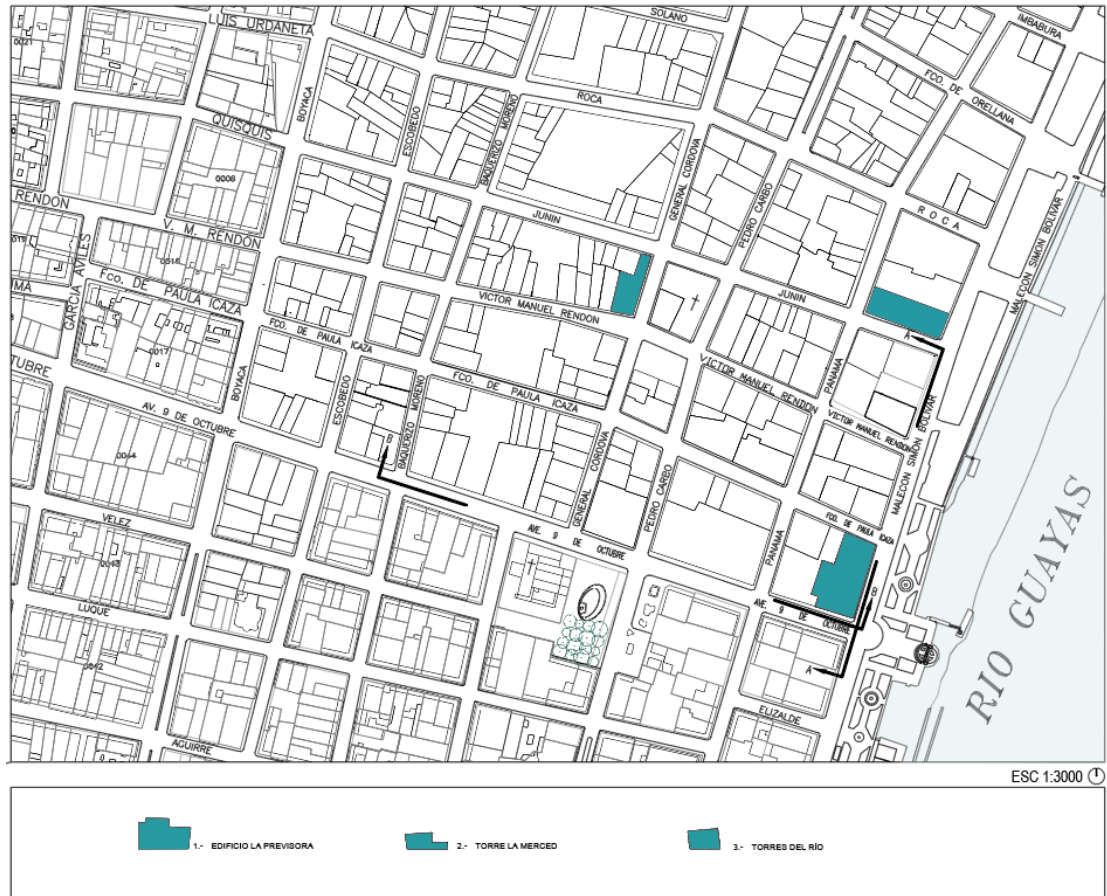


Figura 25. Plano de Guayaquil- área céntrica - Ubicación de Edificaciones para análisis

Elaboración propia, 2025-AutoCad- Ilustrador

Tabla 7. Edificios céntricos de la ciudad de Guayaquil

Reconocimiento de Edificios para analizar					
Nº	Edificios	Nº Pisos	Altura metros	Construcción	Diseñador Arquitectónico
1	La Previsora	35	135.00	1991-1995	Hugo Faggioni
2	Torre la Merced	27	59.50	1984	Jhon Klein Lofredo
3	Torres del Rio	22	77.7	1982	Lino Lemi

Elaboración propia,2025

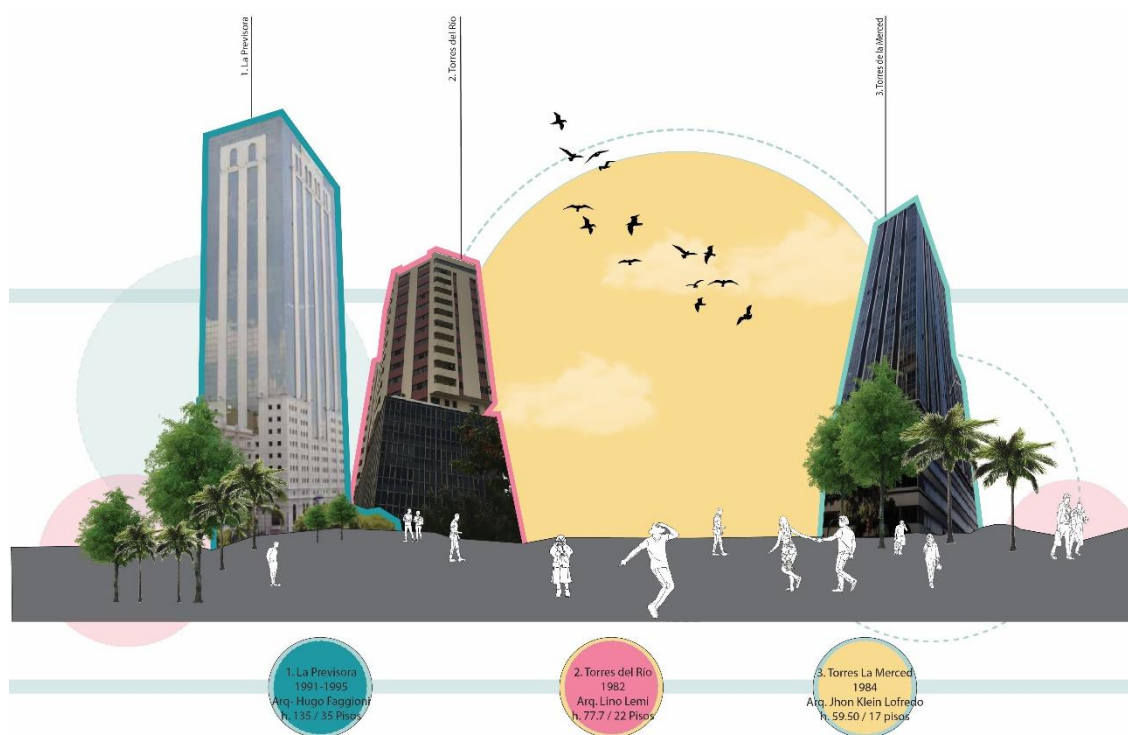


Figura 26. Imágenes de Edificios – caso de estudio

Elaboración propia,2025-Cad- Ilustrador

La Tabla N°7 se ubican los nombres de los edificios, los números de pisos, la altura en metros de la edificación, el año que fue construido y finalmente el nombre del arquitecto que lo diseño. La figura N°24 indica la ubicación de las tres edificaciones que se van a analizar en este trabajo, las figuras N°26-27 (elevación A-A, elevación B-B) muestran las elevaciones de las edificaciones, observamos edificaciones de ocho pisos hasta rascacielos de 35 pisos.

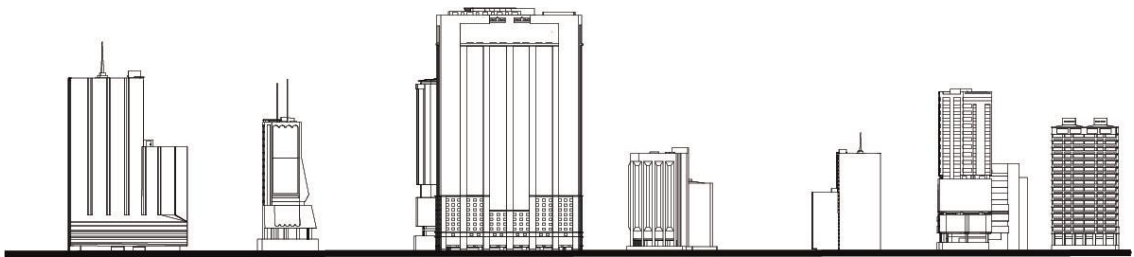


Figura 27. Elevación B-B

Elaboración propia,2024- Software AutoCAD Estudiantil

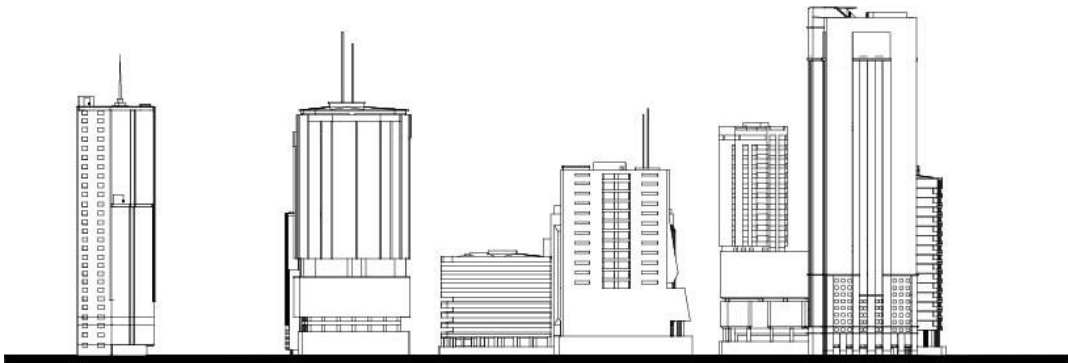


Figura 28. Elevación A-A

Elaboración propia,2024- Software AutoCAD

3.1.3. Evaluación estructural

Con el fin de evaluar la factibilidad e implementar techos verdes en las edificaciones seleccionadas se procede a recopilar, organizar y analizar estructuralmente los inmuebles, se realizó un formato - matriz de registro de edificación donde se ubican los datos generales, ubicación, fotos de planos arquitectónicos, información estructural relevamiento del sitio y fotos del edificio, ver la figura N°28. Con los datos obtenidos se desarrollan los planos en 2D en el software AutoCAD, de cada uno de los inmuebles con el fin de gestionar de manera digital los planos del inmueble.

TERRAZAS VERDES URBANAS COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LAS ISLAS DE CALOR EN GUAYAQUIL					
MATRÍZ DE REGISTRO DE EDIFICACIÓN					
Autora:		Melanie Santana Pillasagua		CÓDIGO	
DATOS GENERALES			UBICACIÓN		
Nombre		Dirección	Av.	Foto	
Promotor		Coordenadas			
Arquitecto		Forma del predio			
Diseño / Funcionamiento		Área terreno			
Morfología		N° pisos			
Tipología		Observaciones			
Emplazamiento					
PLANOS DE EDIFICACIÓN			ANÁLISIS ESTRUCTURAL		
FOTOS					
Fuentes:					

Figura 29. Formato de Matriz de registro de edificación
Elaboración propia 2025

Adicionalmente se realiza un análisis estructural grueso, con el fin de evaluar la capacidad de soportar cargas adicionales derivadas de implementar terrazas verdes en el software SAP 2000 se ingresa: sección de columnas, sección de vigas, espesor de losa, tipo de hormigón armado, cargas gravitacionales, como resultado obtendremos el peso kg del edificio, carga muerta, super carga muerta, cargas de cubiertas. Los datos que nos arroje el software nos servirán para poder confirmar si el edificio es apto para soportar el peso kg del prototipo de terraza verde urbana.

3.1.4. Variabilidad Climática

Los datos meteorológicos de entrada que se ubicaron en el software Climate Consultant 6.0, son de la estación SEGU del Aeropuerto de Guayaquil José Joaquín de Olmedo ubicado en las coordenadas 02°09'29"S y 079°53'02"O gestionada por la Dirección de aviación civil, los datos que se dispone son de enero del 2024 hasta diciembre del 2024. El software analiza los datos climatológicos del situ y nos da el siguiente resumen de datos: temperatura de bulbo seco, temperatura del punto del rocío, humedad relativa, dirección de viento, velocidad del viento, temperatura del suelo, radiación horizontal, radiación normal directa, radiación difusa, finalmente como el clima afecta la edificación y da estrategias de diseño bioclimático.

El análisis solar se lo realizo en el software BIM Revit, se realiza el modelado de las tres edificaciones en 3D y se configura la ubicación geográfica de la ciudad de Guayaquil (latitud -2.2°C – 79.9°W) el software nos permite interactuar con el modelo 3D del inmuebles considerando los factores: orientación solar y reflectividad de materiales , con la integración de la herramienta Forma Autodesk seleccionamos

analizar horas del sol, se examinan los meses con mayor incidencia de calor (abril – mayo – noviembre) se mide la cantidad de exposición a la luz solar y como afecta la cubierta y fachadas.

3.2. FASE II - Proyecto de Mitigación

3.2.1. Lineamiento de Diseño

Se debe tener presente cada aspecto de los lineamientos de diseño expuestos:

- Funcionalidad en el prototipo deberá ser modulable. que sea adapte a las edificaciones de fácil mantenimiento y fácil maniobra.
- La materialidad del prototipo prefabricado deberá ser de material reciclado y accesible económicamente, su montaje es intuitivo y sencillo
- Vegetación. Se deberá ubicar vegetación nativa resistente al calor y las sequias, las especies seleccionada deberá resistir al clima tropical de la ciudad.
- Mantenimiento y longevidad bajo consumo hídrico riego programado en épocas de sequias y asegurar el desarrollo del sustrato mediante la fertilización.
- Normativas. Se procede a trabajar con las norma ecuatoriana de la construcción (NEC 2025)

3.2.2. Elaboración de propuesta

Las ideas preliminares del prototipo inician por bocetos luego se replantea y se realiza el diseño conceptual en el software AutoCAD en 2D teniendo bien planteado

los lineamientos del diseño se procede a realizar el 3D del prototipo en el software Revit.

3.2.3. Emplazamiento de prototipo a edificaciones

Con los planos de las cubiertas de las tres edificaciones se analizan y se replantean para zonificarlas en dos áreas: área de vegetación, área de accesibilidad para tránsito y mantenimiento.

3.3. FASE III – Impacto en la sostenibilidad en edificios

3.3.1. Cuantificación de áreas

Se realiza la cuantificación de área vegetal en cada una de las tres edificaciones se detallan los siguientes pasos:

- Se define la superficie total de la cubierta utilizando el software AutoCAD.
- Se identifica y se cuantifica el área de vegetación, área destinada específicamente al área verde.
- Se destina área para circulación para mantenimiento

3.3.2. Cálculo de CO₂ – Secuestro de carbono

El incremento en la vegetación urbana puede reducir emisiones equivalentes a 7 kg de CO₂ por m² al año considerando el albedo y la absorción, con la finalidad de calcular el co₂ se emplea la siguiente fórmula basada en **Akbari et al. (2012)**:

$$\text{Absorción de CO}_2 = \text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Tasa de absorción (kg CO}_2\text{/m}^2\text{/año)}$$

CAPITULO 4

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados de este trabajo “Terrazas verdes urbanas como medida de mitigación para la reducción de las islas de calor en Guayaquil”, se muestra en tres fases:

- Fase I. Presenta los resultados correspondientes del al análisis climático del sitio para comprender la variabilidad climática, describir los resultados del análisis estructural de las edificaciones
- Fase II. Elaboración del Diseño del prototipo de maceta modulable, aplicando medidas de mitigación basada en ecosistemas MBE en conjunto con las cartas bioclimáticas (diagrama de Givoni), desarrollo del prototipo en el software 2D-3D.
- Fase III. Cuantificación del área útil de las terrazas verdes urbanas por otro lado se calcula el dióxido de carbono CO₂ para garantizar la viabilidad del proyecto.

FASE I. Espacialidad del estudio

4.1.1 Variabilidad Climática

El análisis climático se lleva a cabo a partir de los siguientes componentes: rango de temperatura, temperatura de bulbo seco y rocío, temperatura del punto del rocío, humedad relativa, dirección de viento, velocidad del viento, temperatura del suelo, radiación horizontal, radiación normal radiación directa, radiación difusa.

En la figura N°29, se observa que las temperaturas extremas promedio mensual oscilan entre los 30 y 38°C en los meses de marzo, abril, noviembre registradas durante el año 2024. Por otra parte, la OMM indica que el año 2024 es uno de los años donde se registraron temperaturas excepcionales siendo uno de los años más cálidos superando 1.55°C la media del periodo 1850-1900. (OMM, 2025). Los picos alcanzados en sensación térmica van desde 40°C-41°C afectando severamente el centro empresarial y comercial de Guayaquil. (ver anexo 1-Data Weather)

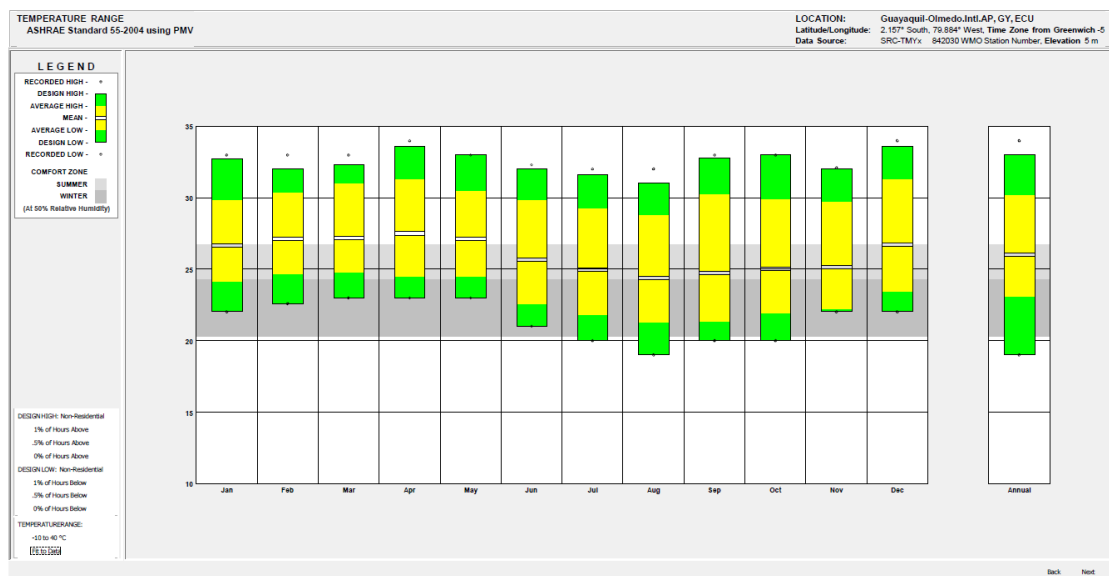


Figura 30. Rango de Temperatura

Fuente: Elaboración propia - software Climate consultant versión 6.0

Con respecto al comportamiento de las temperaturas del bulbo seco en la Figura N°30 se muestran temperaturas con picos 40°C en los meses de marzo, abril, noviembre y diciembre las cargas de estos meses en las edificaciones determinan el uso de AACC

a mayor potencia con las temperaturas elevadas del bulbo el sistema de climatización tiene mayor demanda de enfriamiento. Las temperaturas del rocío mínimas que oscilan afecto a las edificaciones en los meses de agosto con temperaturas mínimas de 21°C y diciembre 22°C, el interior del inmueble se ve afectado por la humedad que se ha empezado a condensarse provocando deterioro de la edificación. En el periodo de mayo, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre tiene temperaturas altas con humedad relativa elevada.

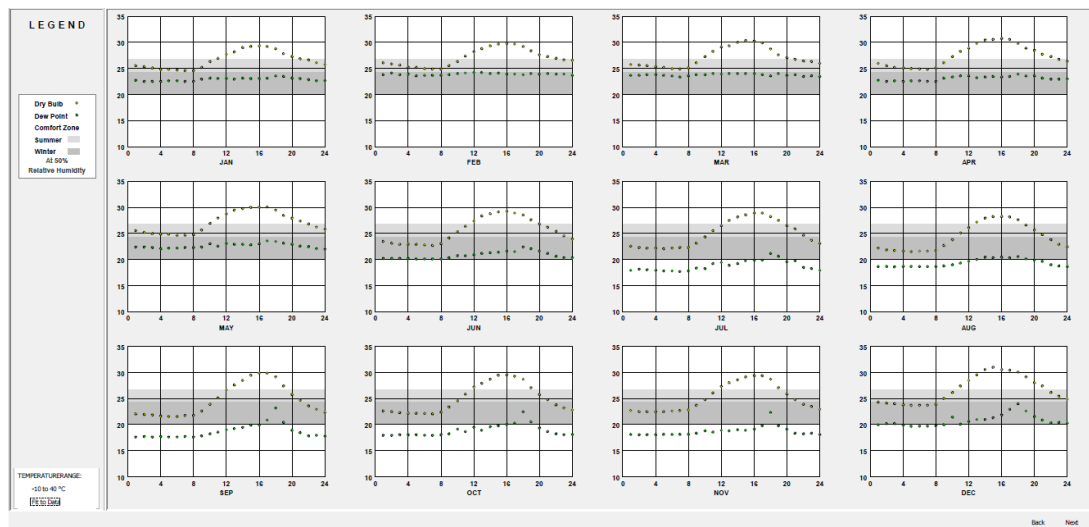


Figura 31. Tendencias temperatura de bulbo seco y punto del rocío.

Fuente: Elaboración propia - software Climate consultant versión 6.0

Los meses de marzo, abril, mayo y diciembre son los meses con mayor radiación solar bajo sombra cuyos valores se registran entre 35,4°C y 36.5°C con sensación térmica en áreas exteriores más elevadas, en la figura N°31 muestra índices de radiación nivel alto y nivel extremo soportando radiación solar 884 w/m2 hasta 1.020 w/m2.

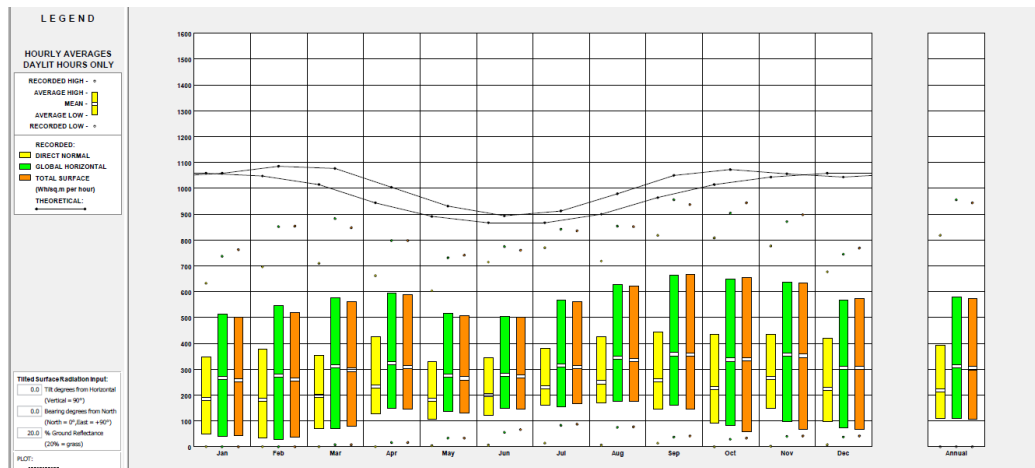


Figura 32. Rango de radiación

Fuente: Elaboración propia - software Climate consultant versión 6.0

Los rangos de temperatura promedio diurnos mensuales proceden a medir: temperatura del bulbo seco, la temperatura del bulbo húmedo, zona de confort, radiación horizontal, directa y difusa. La figura N°32 La temperatura del bulbo seco supera las condiciones en los meses de abril, mayo, septiembre, octubre y diciembre con valores críticos que van de 30°C hasta 34°C con radiación desde 1300 hasta 1500.

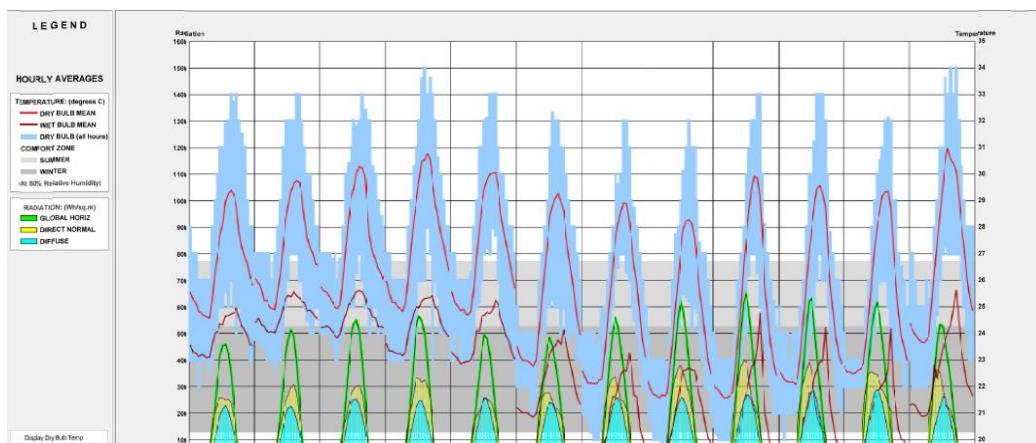


Figura 33. Temperatura promedio diurno

Fuente: Elaboración propia - software Climate consultant versión 6.0

La figura N°33 nos muestra el gráfico de radiación solar temperatura del bulbo seco por horas en 3D, registra picos de valores de sensación de radiación solar en los meses de marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre en las siguientes horas 9:30am hasta las 22:00pm.

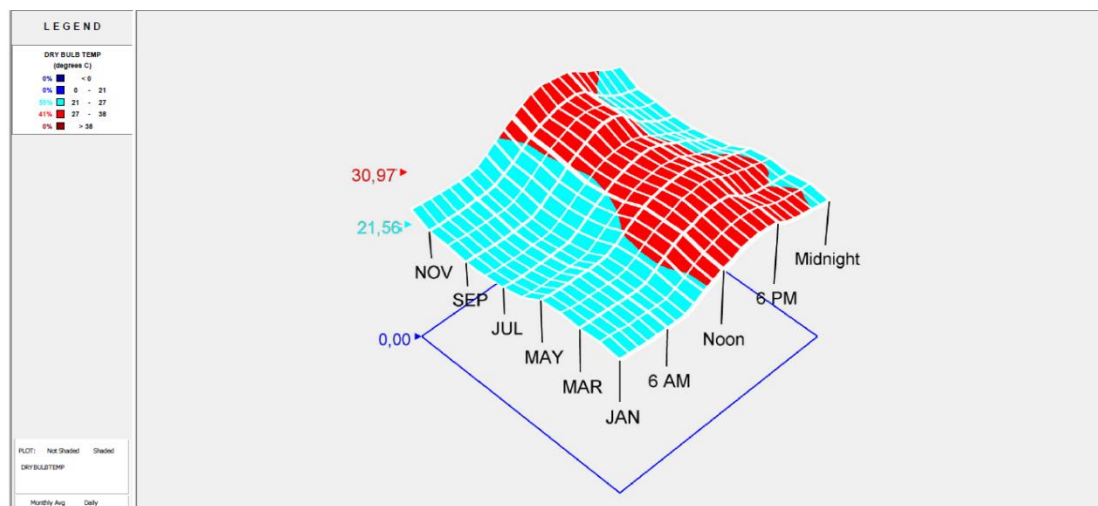


Figura 34. Gráfico de horarios-radiación horizontal

Fuente: Elaboración propia - software Climate consultant versión 6.0

Se realizó el grafico de sombreado de Cleveland que muestra la orientación del sol (en la parte inferior) y la altitud (verticalmente) cada 15 minutos del año representada en puntos. Se ubica la superposición de la calculadora de sombreado detallando el comportamiento del porcentaje de confort; confort mayor 20°C con 383 horas de exposición y clima cálido-caliente con temperaturas mayores a 27°C con 779 horas de exposición solar , la particularidad son los meses de enero y febrero amanece antes de las 5:00 am cuenta con mayor horas de confort térmico manteniéndose hasta las 11:00am, mientras los meses de diciembre y marzo amanece antes de las 6am tiene

menor tiempo de confort en el día, manteniéndose hasta las 9:00am. En la figura N°34 se presenta dicho comportamiento de cada mes del año 2024.

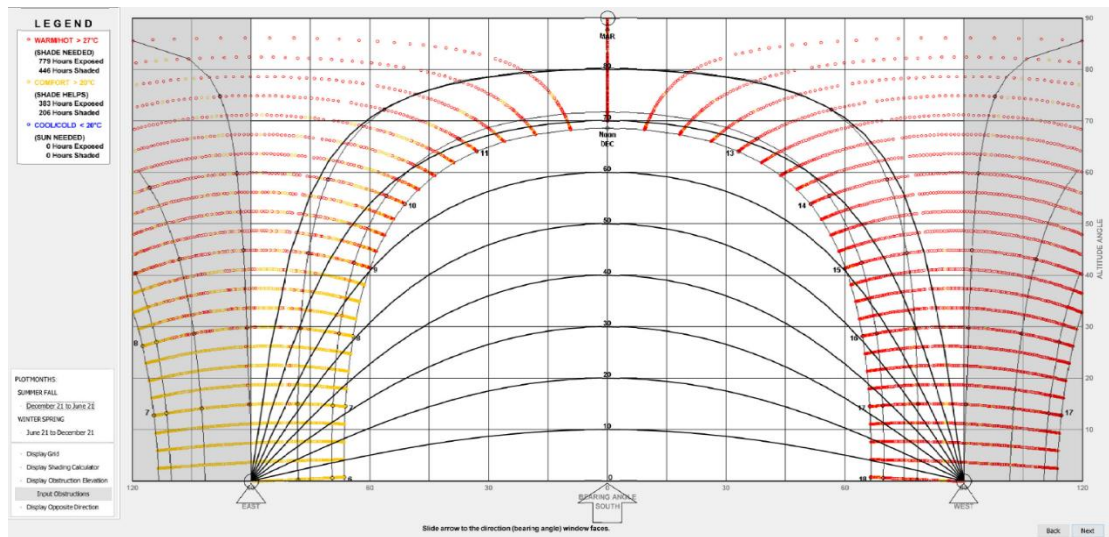


Figura 35. Incidencia del sol.

Fuente: Elaboración propia - software Climate consultant versión 6.0

La figura N°35 muestra el grafico de rango de velocidad del viento nos indica los registros de promedios máximos en el mes de junio con rango 11m/s, en septiembre 8.8 m/s, octubre con 10.3 m/s, octubre con 10.2 m/s, noviembre 8.3 m/s. Los promedios mínimos con movimiento que varían desde 0.5 m/s hasta 1.8 m/s. En la figura N°36 - anexo 1, se presenta la velocidad del viento la frecuencia que predomina es la dirección SO en la temporada seca que comprende los meses junio, julio, agosto, septiembre,

octubre y noviembre. La frecuencia predominante en dirección NE se presentan en los meses de febrero, marzo y abril.

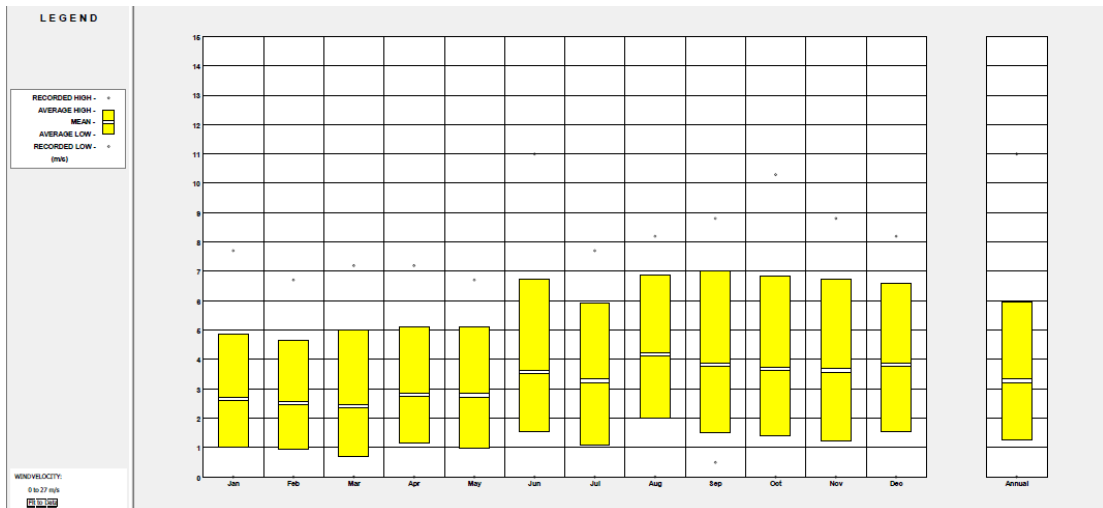


Figura 36. Rango de velocidad del viento

Fuente: Elaboración propia - software Climate consultant versión 6.0

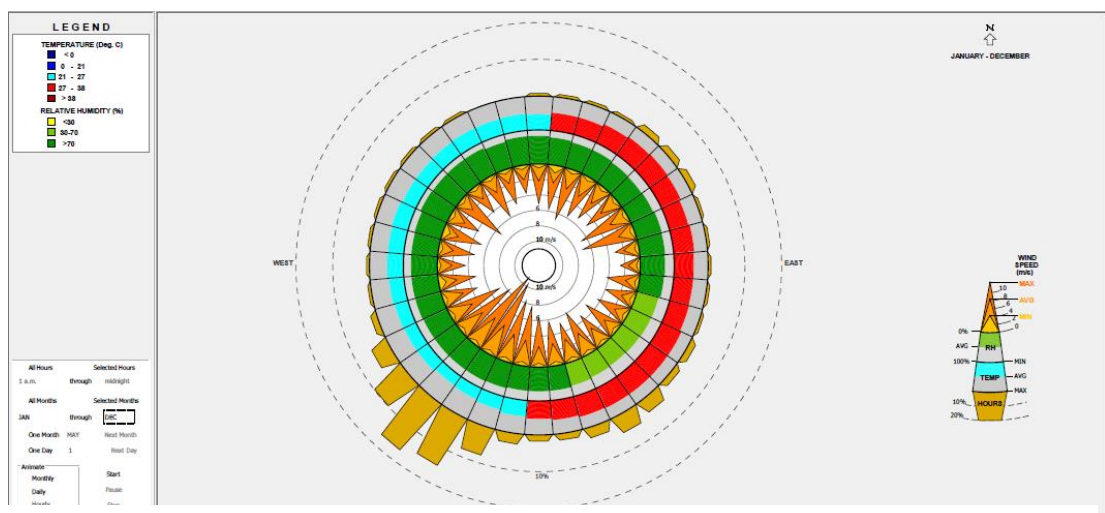


Figura 37. Rosa de los vientos – frecuencia

Fuente: Elaboración propia - software Climate consultant versión 6.0

En la Figura N°37 se presenta el diagrama de Givoni, adaptado en el programa Climate Consult se incorpora un rango del 90% de aceptabilidad el límite superior es 28.9°C, límite inferior 22.8°C. -El diagrama de Givoni está configurado para todo el año 2024 e indica que el 100.0% de temperaturas confortables interiores estarán bajo los parámetros de confort (4601 hrs). Este resultado indica altas temperaturas climáticas que se visualizan en las edificación, al no configurar el programa se indica el uso alto de AACC en un 47.4% con 8760 horas.

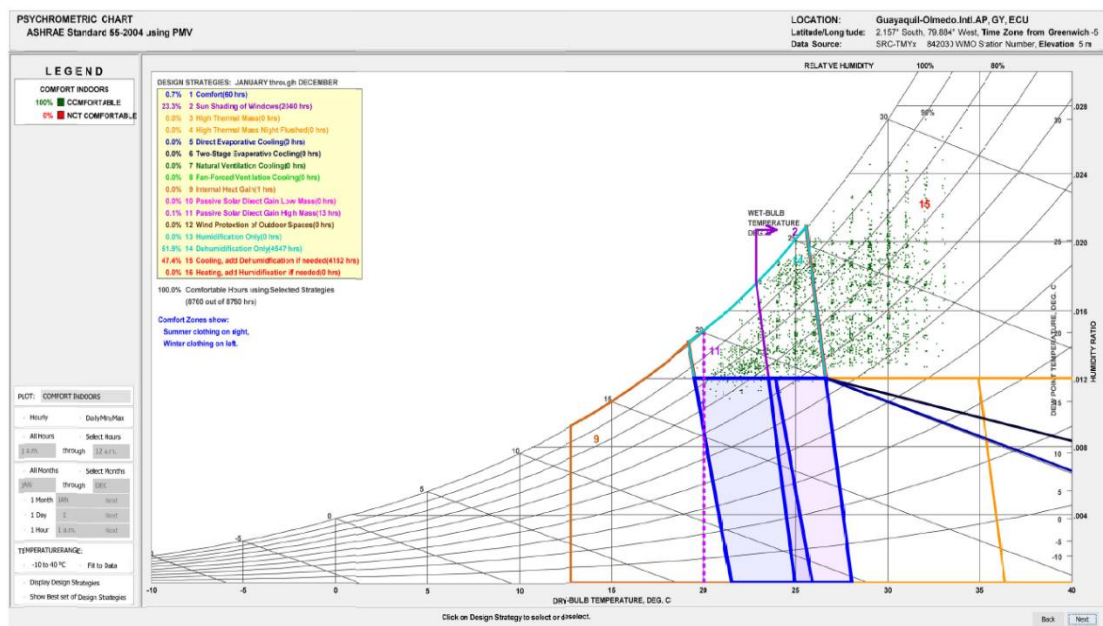


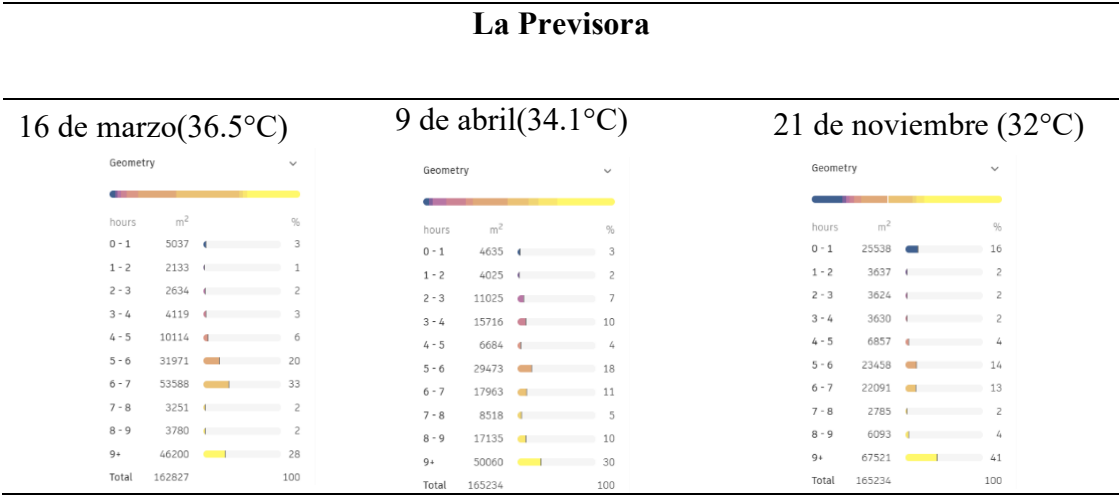
Figura 38. Diagrama de Givoni

Fuente: Elaboración propia - software Climate consultant versión 6.0

La Tabla N°8 – anexo 2-3, presenta el análisis de las condiciones del efecto de la radiación solar del año 2024 (rango de horas de sol directo) en los edificios la Previsora, Torres la Merced, Torres del Río se estudian los días con temperaturas

elevadas picos de calor con escenarios de ICU en el mes de marzo, abril y noviembre. El edificio la Previsora los días 16 de marzo, 9 de abril, 21 de noviembre, las fachadas y la cubierta presentan rangos con un porcentaje de 33% a 41% que equivale a una exposición de más de 9 horas recibe una radiación extremadamente alta teniendo áreas soleadas en todo el día. La intensidad solar es más potente por las ICU ya que libera calor durante todo el día, el microclima caliente del suelo tiene un porcentaje de 52 % hasta 84% con un estrés térmico intenso 92% a 96%, la cubierta de hormigón armado absorbe el 74% hasta 94% el stress térmico 67% hasta el 99% agravando el discomfort (ver gráficos de análisis solar anexo 2 -3).

Tabla 8. Análisis solar edificio La Previsora



Fuente: Elaboración propia - software Revit – Forma, 2025

La tabla N°9 – anexo 2 se observa el rango de horas del sol directo en el edificio La Merced los días 16 de marzo, 9 de abril, 21 de noviembre. Las fachadas y cubierta

recibieron sol directo con un porcentaje de 38% hasta 40% equivale un nivel de exposición extremadamente alta. Las ICU de estos los tres días mencionados han creado microclimas calientes el suelo tiene un porcentaje 83% hasta 98% con un estrés térmico de 80% hasta el 93%, disminuye un porcentaje en la cubierta de hormigón armado que retienen calor desde el 84% hasta el 91 % mantiene un porcentaje de estrés térmico 62% hasta 86 % incrementando el discomfort. (ver gráficos de análisis solar anexo2-3).

Tabla 9. Análisis solar edificio Torres la Merced

Torre la Merced																																																																																																														
16 de marzo(36.5°C)	9 de abril(34.1°C)	21 de noviembre (32°C)																																																																																																												
Geometry <table> <thead> <tr> <th>hours</th><th>m²</th><th>%</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0 - 1</td><td>4255</td><td>3</td></tr> <tr><td>1 - 2</td><td>2443</td><td>1</td></tr> <tr><td>2 - 3</td><td>2416</td><td>1</td></tr> <tr><td>3 - 4</td><td>4610</td><td>3</td></tr> <tr><td>4 - 5</td><td>9553</td><td>6</td></tr> <tr><td>5 - 6</td><td>28857</td><td>17</td></tr> <tr><td>6 - 7</td><td>67420</td><td>40</td></tr> <tr><td>7 - 8</td><td>1711</td><td>1</td></tr> <tr><td>8 - 9</td><td>2428</td><td>1</td></tr> <tr><td>9+</td><td>46231</td><td>27</td></tr> <tr><td>Total</td><td>169924</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	hours	m²	%	0 - 1	4255	3	1 - 2	2443	1	2 - 3	2416	1	3 - 4	4610	3	4 - 5	9553	6	5 - 6	28857	17	6 - 7	67420	40	7 - 8	1711	1	8 - 9	2428	1	9+	46231	27	Total	169924	100	Geometry <table> <thead> <tr> <th>hours</th><th>m²</th><th>%</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0 - 1</td><td>3624</td><td>2</td></tr> <tr><td>1 - 2</td><td>3088</td><td>2</td></tr> <tr><td>2 - 3</td><td>12519</td><td>7</td></tr> <tr><td>3 - 4</td><td>17179</td><td>10</td></tr> <tr><td>4 - 5</td><td>7421</td><td>4</td></tr> <tr><td>5 - 6</td><td>34552</td><td>20</td></tr> <tr><td>6 - 7</td><td>18075</td><td>11</td></tr> <tr><td>7 - 8</td><td>4696</td><td>3</td></tr> <tr><td>8 - 9</td><td>20057</td><td>12</td></tr> <tr><td>9+</td><td>48713</td><td>29</td></tr> <tr><td>Total</td><td>169924</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	hours	m²	%	0 - 1	3624	2	1 - 2	3088	2	2 - 3	12519	7	3 - 4	17179	10	4 - 5	7421	4	5 - 6	34552	20	6 - 7	18075	11	7 - 8	4696	3	8 - 9	20057	12	9+	48713	29	Total	169924	100	Geometry <table> <thead> <tr> <th>hours</th><th>m²</th><th>%</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0 - 1</td><td>25896</td><td>15</td></tr> <tr><td>1 - 2</td><td>2703</td><td>2</td></tr> <tr><td>2 - 3</td><td>5917</td><td>3</td></tr> <tr><td>3 - 4</td><td>4501</td><td>3</td></tr> <tr><td>4 - 5</td><td>7193</td><td>4</td></tr> <tr><td>5 - 6</td><td>26416</td><td>15</td></tr> <tr><td>6 - 7</td><td>22337</td><td>13</td></tr> <tr><td>7 - 8</td><td>2885</td><td>2</td></tr> <tr><td>8 - 9</td><td>4450</td><td>3</td></tr> <tr><td>9+</td><td>67626</td><td>40</td></tr> <tr><td>Total</td><td>169924</td><td>100</td></tr> </tbody> </table>	hours	m²	%	0 - 1	25896	15	1 - 2	2703	2	2 - 3	5917	3	3 - 4	4501	3	4 - 5	7193	4	5 - 6	26416	15	6 - 7	22337	13	7 - 8	2885	2	8 - 9	4450	3	9+	67626	40	Total	169924	100
hours	m²	%																																																																																																												
0 - 1	4255	3																																																																																																												
1 - 2	2443	1																																																																																																												
2 - 3	2416	1																																																																																																												
3 - 4	4610	3																																																																																																												
4 - 5	9553	6																																																																																																												
5 - 6	28857	17																																																																																																												
6 - 7	67420	40																																																																																																												
7 - 8	1711	1																																																																																																												
8 - 9	2428	1																																																																																																												
9+	46231	27																																																																																																												
Total	169924	100																																																																																																												
hours	m²	%																																																																																																												
0 - 1	3624	2																																																																																																												
1 - 2	3088	2																																																																																																												
2 - 3	12519	7																																																																																																												
3 - 4	17179	10																																																																																																												
4 - 5	7421	4																																																																																																												
5 - 6	34552	20																																																																																																												
6 - 7	18075	11																																																																																																												
7 - 8	4696	3																																																																																																												
8 - 9	20057	12																																																																																																												
9+	48713	29																																																																																																												
Total	169924	100																																																																																																												
hours	m²	%																																																																																																												
0 - 1	25896	15																																																																																																												
1 - 2	2703	2																																																																																																												
2 - 3	5917	3																																																																																																												
3 - 4	4501	3																																																																																																												
4 - 5	7193	4																																																																																																												
5 - 6	26416	15																																																																																																												
6 - 7	22337	13																																																																																																												
7 - 8	2885	2																																																																																																												
8 - 9	4450	3																																																																																																												
9+	67626	40																																																																																																												
Total	169924	100																																																																																																												

Fuente: Elaboración propia - software Revit – Forma, 2025

La tabla 10 – anexo 2 muestra el rango de horas del sol directo en el edificio Torres la Merced los días 16 de marzo, 9 de abril, 21 de noviembre. Las fachadas y cubiertas reciben sol directo con un porcentaje de 30% - 32% -38% equivale un nivel de exposición extremadamente alta. Los gráficos del anexo 3 perciben ICU en los tres días mencionados las temperaturas elevadas crean microclimas calientes, el suelo tiene

un porcentaje 85% hasta el 95% con un estrés térmico de 80% hasta el 96%. La cubierta al estar ubicada a otra altura retiene un calor desde 90% hasta el 96% con un porcentaje de estrés térmico de 67% a 79%. (ver gráficos de análisis solar anexo 2 -3).

Tabla 10. Análisis solar edificio Torres del Río

Torre del Río									
16 de marzo(36.5°C)			9 de abril(34.1°C)			21 de noviembre (32°C)			
Geometry			Geometry			Geometry			
hours	m ²	%	hours	m ²	%	hours	m ²	%	
0 - 1	4887	3	0 - 1	4047	3	0 - 1	20635	17	
1 - 2	2992	2	1 - 2	3163	2	1 - 2	2105	2	
2 - 3	2750	2	2 - 3	12541	8	2 - 3	5222	4	
3 - 4	3896	2	3 - 4	13546	8	3 - 4	4400	3	
4 - 5	7637	5	4 - 5	7835	5	4 - 5	5530	4	
5 - 6	26659	17	5 - 6	30653	19	5 - 6	19187	16	
6 - 7	60343	38	6 - 7	16840	11	6 - 7	19187	16	
7 - 8	1896	1	7 - 8	5634	4	7 - 8	3744	3	
8 - 9	2441	1	8 - 9	16442	10	8 - 9	3272	3	
9+	45461	29	9+	48261	30	9+	39120	32	
Total	158962	100	Total	158962	100	Total	122402	100	

Fuente: Elaboración propia - software Revit – Forma,2025

Los resultados obtenido del análisis de las variables climática nos muestra, temperaturas máximas que van desde 30°C a 36°C con sensación térmica 36°C a 45°C y bulbo seco con un pico de 40°C en meses de marzo, abril y noviembre, como consecuencia se eleva el uso máximo del sistema de aire acondicionado. Así mismo el diagrama de Givoni nos indica medidas extremas en el sistema de climatización de las edificaciones al no poder tener temperaturas confortables en el interior de la edificación. El análisis solar nos muestra a edificios con alta exposición térmica urbana denominado así por la absorción y retención de calor en su materialidad (hormigón,

aluminio compuesto y vidrio) dicha materialidad amplifica el impacto de ICU. Como resultado tenemos edificios vulnerables que crean cañones que atrapan el calor, las temperaturas elevadas crean microclimas calientes con porcentajes que van desde 52% hasta el 95% con estrés térmico 67% a 99%. La cubierta al estar expuesta directamente al sol retiene calor variable durante el día que va desde 90% hasta el 96% que equivale a una exposición de más de 9 horas recibiendo radiación extremadamente alta.

4.1.2. Evaluación estructural de las edificaciones

Se trabajo inicialmente con un método de matriz de registro que detalle las características y planos arquitectónicos y planos estructurales con el fin de ingresar la data al software SAP2000. Se realizo relevamientos en sitio de las edificaciones para obtener una línea base y poder realizar un análisis estructural grueso.

4.1.2.1. Análisis estructural grueso

Se trabaja un método de evaluación rápida de análisis grueso, en las edificaciones seleccionadas La Previsora, Torres la Merced, Torres del Río. Al tener limitaciones con información estructural, se asume elementos estructurales representativos: la sección de columnas se mantiene hasta la cubierta con un área bruta de hormigón (A_g) con criterios basados en edificios altos en áreas de zona sísmica V de Guayaquil el acero de refuerzo longitudinal (A_s) se selecciona varilla de alta resistencia, el refuerzo se calcula (A_s/A_g) se encuentra dentro del valor optimo (1-8%) se trabaja con las Noma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) y ACI 318.

La tabla 11 indica la capacidad analizada apta para cargas gravitacionales estándar (4-6 KN/m²) se estima una carga adicional 2kN/m² carga estimada para las terrazas verdes que representa un incremento de 10-20% en carga muerta.

La Previsora

El edificio la Previsora está configurado con concreto de resistencia a la compresión de f'_c 320kg/cm², especificación del hierro f_y 4200 kg/m², las dimensiones de las columnas rectangulares se mantienen en todo lo alto con secciones 1.00x2.30 con una cuantía de 1.76%, viga de hormigón 0.60x1.00 con hormigón f'_c 320kg/cm² se usa el criterio del 10% de la luz libre, mantiene una losa rectangular bidireccional de hormigón armado con espesor de 0.20cm. los elementos estructurales en el pórtico (columnas y vigas) se busca que trabajen con cuantías menores al 2% para que la estructura pueda comportarse de manera más dúctil. (ver anexo 4 análisis estructural)

Tabla 11. Propiedades estructurales analizadas- La Previsora.

Evaluar	Valor	Observación
Área bruta (A_g)	23.000 cm ²	Equivale a 23000 cm ² , tipo de columnas principales en rascacielos
Área de acero (A_s)	405.37cm ²	Refuerzo longitudinal suficiente para cargas sísmicas y gravitacionales.
Relación de esfuerzo (A_s/A_g)	1.75%	Estándar de diseño sujeto a normas NEC 2015 y ACI 318

Elaborado por: Victor Ludeña, Melanie Santana, 2025

Se configura el diagrama de corte y momento ante la carga permanente y variable en las vigas del nivel uno y nivel quince, el nivel 1 se configura CM+SCM se analiza los momentos a 4m y 60m en estudio del diagrama axial es eficaz.

Las cargas aplicables se realizaron del piso uno al piso catorce se trabaja con cargas vivas 240 kgf/m² carga muerta 140 kgf/m², la terraza trabaja con carga viva 480 kgf/m² y carga muerta. Se configura la acción sísmica al espectro U1- Espectro- NEC con factor de escala 20.34 y aceleración U2 – ESPECTRO – NEC con factor de escala 20.01, se realiza modo de vibración 1 con un periodo de 1.4s, modo de vibración 2 periodo de 1.38s, modo de vibración 3 con un periodo de 1.23s, se presenta la tabla 13 los modos de vibración.

Tabla 12. Presentación de modos de vibración

Modos de vibración						
Caso	Modo	Periodo sec	UX	UY	UZ	RZ
Modal	1	1.406	0.973	0.019	0	0.009
Modal	2	1.378	0.024	0.926	0	0.05
Modal	3	1.237	0.003	0.055	0	0.941
Modal	4	0.433	0.006	0.964	0	0.03
Modal	5	0.422	0.989	0.008	0	0.004
Modal	6	0.379	0.005	0.028	0	0.967
Modal	7	0.234	0	0.989	0	0.011
Modal	8	0.215	0.989	0	0	0.011
Modal	9	0.198	0.011	0.011	0	0.978
Modal	10	0.151	0	0.994	0	0.006
Modal	11	0.129	0.98	0	0	0.02
Modal	12	0.122	0.02	0.006	0	0.975

Elaborado por: Victor Ludeña, Melanie Santana, software SAP2000

Tabla 13. Participación en la carga modal

Modal Load Participation Ratios				
Case	ItemType	Item	Static %	Dynamic %
Modal	Acceleration	UX	99.99	93.83
Modal	Acceleration	UY	99.98	94.42
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Elaborado por: Victor Ludeña, Melanie Santana, software SAP2000

Tabla 14. Cortante Basal

VB: CORTANTE BASAL [TON]	
Cortante Basal Estatico	7011.62
¿Estructura Regular o Irregular?	Regular
Cortante Basal Dinamico	5609.29

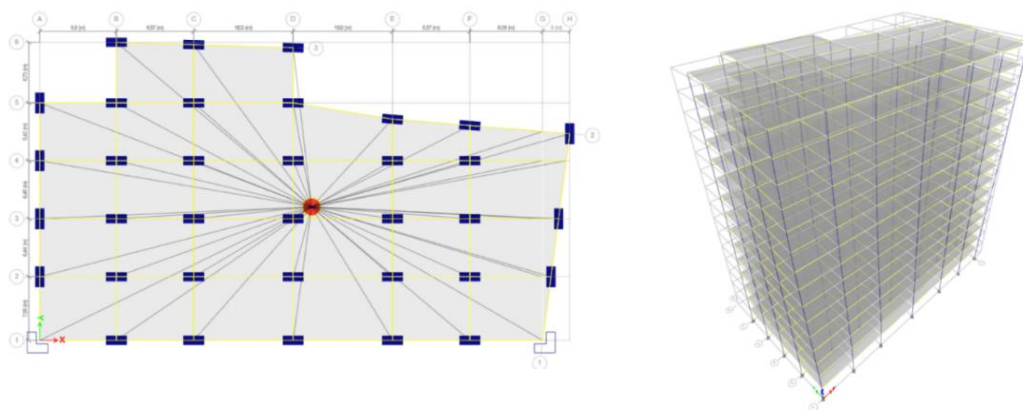


Figura 39. Refuerzo longitudinal en vigas

Fuente: Victor Ludeña - Melanie Santana software SAP2000

El diseño estructural presenta el acero longitudinal requerido en vigas, expresado en cm^2 y en porcentajes, debera ser menor al 1% del area gruesa de las seccion, el acero longitudinal en columnas, expresado en porcentajes debera ser menor al 2% del area gruesa de la seccion.

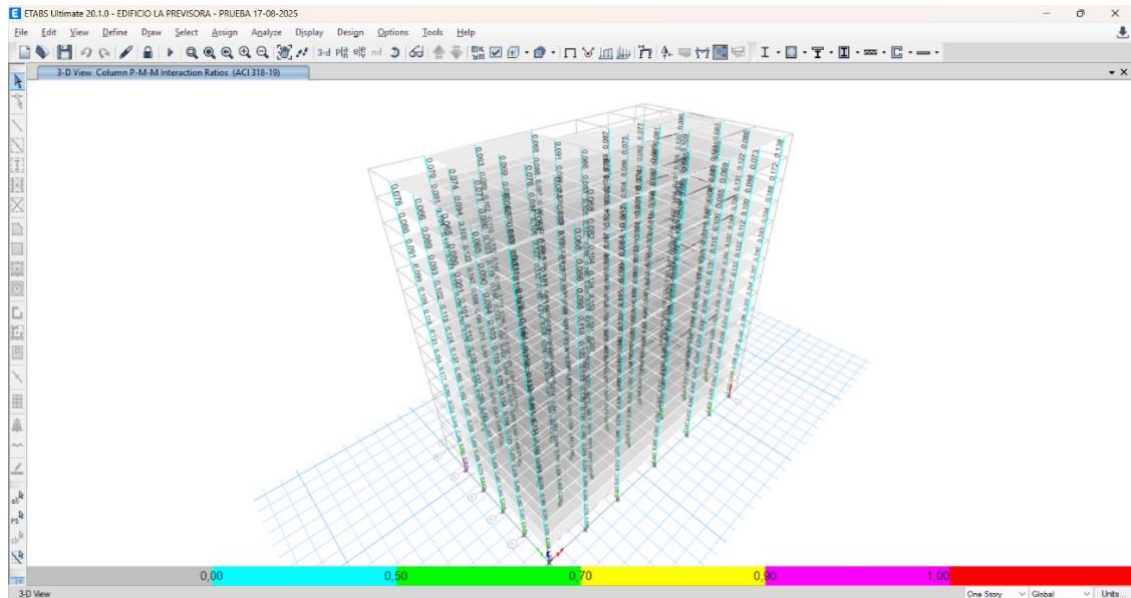


Figura 40. Planta de diafragma – 3d modo de vibración

Fuente: Víctor Ludeña - Melanie Santana software SAP2000

Con el aumento de carga viva en la terraza del edificio por el cambio de uso de cubierta a CUBIERTAS DESTINADAS EN JARDINERIAS O PATIOS DE REUNIONES 480 KG/CM^2 , se concluye que con las estimaciones dadas y revisando todos los análisis estructurales para ver la viabilidad del edificio si puede generar cambios.

Edificio Torres la Merced

El inmueble Torres la Merced configurado con concreto armado con una resistencia a la compresión de f'_c 280kg/cm², especificación del hierro f_y 4200 kg/m², las dimensiones de las columnas rectangulares se mantienen en todo lo alto con secciones 0.60x1.20 con una cuantía de 1.60%, viga de hormigón 0.25x0.40 con hormigón f'_c 320kg/cm² se usa el criterio del 10% de la luz libre, mantiene una losa rectangular bidireccional de hormigón armado con espesor de 0.20cm. los elementos estructurales en el pórtico (columnas y vigas) se busca que trabajen con cuantías menores al 2% para que la estructura pueda comportarse de manera más dúctil.

La tabla 16 indica las cargas gravitacionales estándar (4-6 KN/m²) se estima una carga adicional 2kN/m² carga estimada para las terrazas verdes que representa un incremento de 10-20% en carga muerta. (ver anexo 4 análisis estructural)

Tabla 15. Propiedades estructurales analizadas - Torres la Merced

Evaluar	Valor	Observación
Área bruta (A_g)	10125 cm ²	Equivale a 23000 cm ² , tipo de columnas principales en rascacielos
Área de acero (A_s)	162.15cm ²	Refuerzo longitudinal suficiente para cargas sísmicas y gravitacionales.
Relación de esfuerzo (A_s/A_g)	1.60%	Estándar de diseño sujeto a normas NEC 2015 y ACI 318

Se configura el diagrama de corte y momento ante la carga permanente y variable en las vigas del nivel quince y nivel veinte siete, el nivel 1 se configura CM+SCM se analiza los momentos en el nivel 54m en estudio del diagrama axial es eficaz. Las cargas aplicables se realizaron del piso uno al piso catorce se trabaja con cargas vivas 240 kgf/m² carga muerta 140 kgf/m², la terraza trabaja con carga viva 480 kgf/m² y carga muerta. Se configura la acción sísmica al espectro U1- Espectro- NEC con factor de escala 20.34 y aceleración U2 – ESPECTRO – NEC con factor de escala 20.01, se realiza modo de vibración 1 con un periodo de 4.21s, modo de vibración 2 periodo de 4.15s, modo de vibración 4 con un periodo de 3:2.23s, modo de vibración 5 con un periodo de 3:1.97s se presenta la tabla 13 los modos de vibración.

Tabla 16 . Presentación de modos de vibración

TABLE:Modal						
Direction Factors						
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	4.212	0.086	0.913	0	0.002
Modal	2	4.154	0.913	0.086	0	0.001
Modal	3	3.336	0.002	0.001	0	0.997
Modal	4	2.244	0.832	0.007	0	0.162
Modal	5	1.974	0.011	0.266	0	0.723
Modal	6	1.689	0.002	0.067	0	0.931
Modal	7	1.344	0.009	0.989	0	0.002
Modal	8	1.304	0.991	0.009	0	0
Modal	9	1.08	0	0.002	0	0.998
Modal	10	0.743	0	0.995	0	0.004
Modal	11	0.704	0.997	0	0	0.003
Modal	12	0.68	0.782	0.007	0	0.211

Fuente: Víctor Ludeña, Melanie Santana, 2025

Tabla 17 . Participación en la carga modal

TABLE: Modal Load Participation Ratios					
Case	Item Type	Item	Static	Dynamic	
			%	%	
Modal	Acceleration	UX	99.93	89.85	
Modal	Acceleration	UY	99.88	88.41	
Modal	Acceleration	UZ	0	0	

Elaborado por: Víctor Ludeña, Melanie Santana, 2025

Las reacciones en la base cortante basal.

Tabla 18. Resultado de cortante basal

VB: CORTANTE BASAL [TON]	
Cortante Basal Estático	3771.74
¿Estructura Regular o Irregular?	Regular
Cortante Basal Dinámico	3017.39

La figura N°40 presenta el grafico del acero longitudinal requerido en vigas, expresado en cm² y en porcentaje. Deberá ser menor al 1% del área gruesa de la sección.

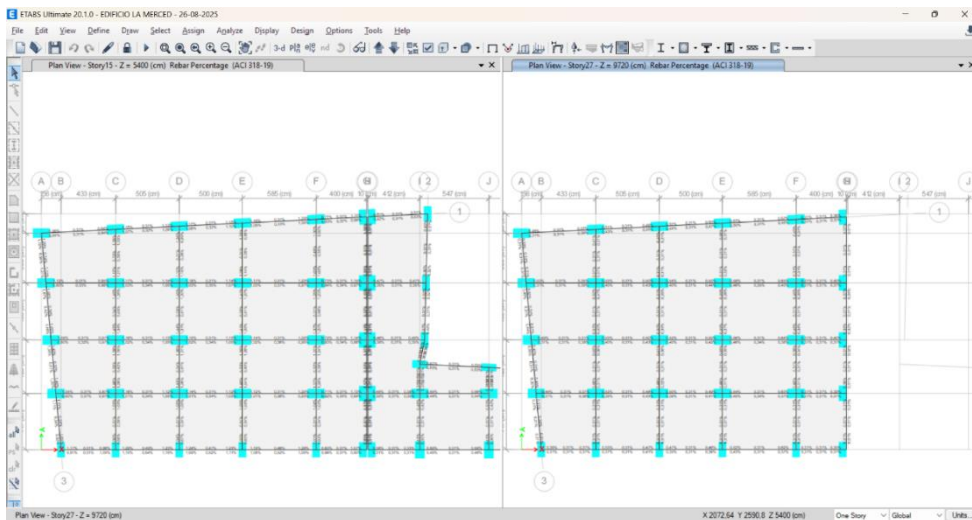


Figura 41. Planta de acero longitudinal

Fuente: Victor Ludeña - Melanie Santana, software SAP2000

La figura N°41, presentar el grafico del acero de refuerzo longitudinal en columnas, expresado en porcentaje, siendo menor al 2% del área gruesa de la sección.

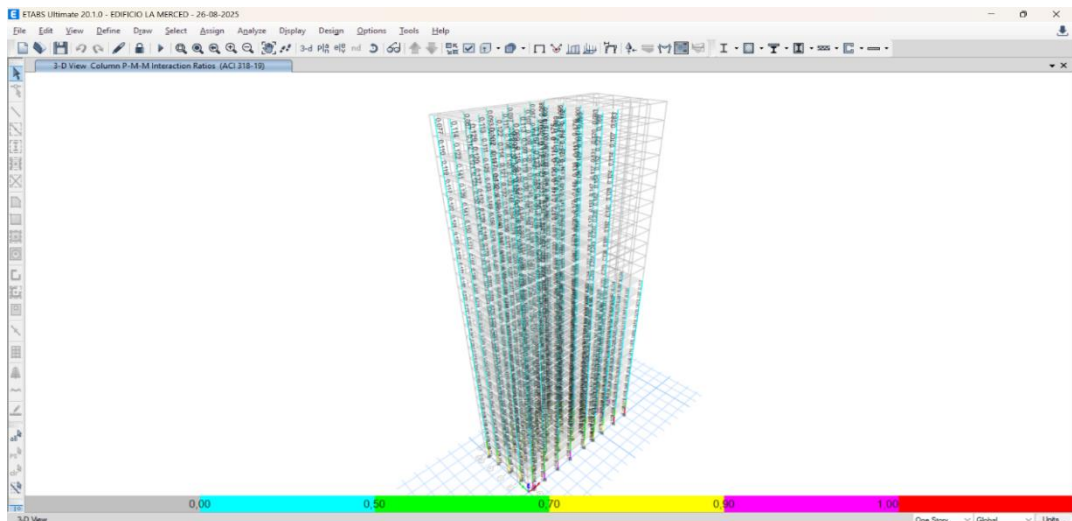


Figura 42. 3D de refuerzo en vigas y columnas

Fuente: Victor Ludeña - Melanie Santana, software SAP2000

El edificio Torre la Merced se realizó un aumento de carga viva en la terraza del edificio por el cambio de uso de cubierta a CUBIERTAS DESTINADAS EN JARDINERIAS O PATIOS DE REUNIONES 480 KG/CM², se concluye que con las estimaciones dadas y revisando todos los análisis estructurales para ver la viabilidad del edificio si se puede generar cambios.

Edificio Torres de Río

El inmueble Torres del Río configurado con concreto armado con resistencia a la compresión de f'_c 280kg/cm², especificación del hierro f_y 4200 kg/m², las dimensiones de las columnas cuadrada se mantienen en todo lo alto con secciones 1.50x1.50 con una cuantía de 1.60%, viga de hormigón 0.30x0.40 con hormigón f'_c 320kg/cm² se usa el criterio del 10% de la luz libre , losa rectangular bidireccional de hormigón armado con espesor de 0.20cm. los elementos estructurales en el pórtico (columnas y vigas) se busca que trabajen con cuantías menores al 2% para que la estructura pueda comportarse de manera más dúctil.

La tabla 20 indica las cargas gravitacionales estándar (4-6 KN/m²) se estima una carga adicional 2kN/m² carga estimada para las terrazas verdes que representa un incremento de 10-20% en carga muerta. (ver anexo 4 análisis estructural)

Tabla 19. Propiedades estructurales analizadas - Torres del Río

Evaluar	Valor	Observación
Área bruta (Ag)	1942.94 cm ²	Equivale a 23000 cm ² , tipo de columnas principales en rascacielos
Área de acero (As)	180.00cm ²	Refuerzo longitudinal suficiente para cargas sísmicas y gravitacionales.
Relación de esfuerzo (As/Ag)	1.60%	Estándar de diseño sujeto a normas NEC 2015 y ACI 318

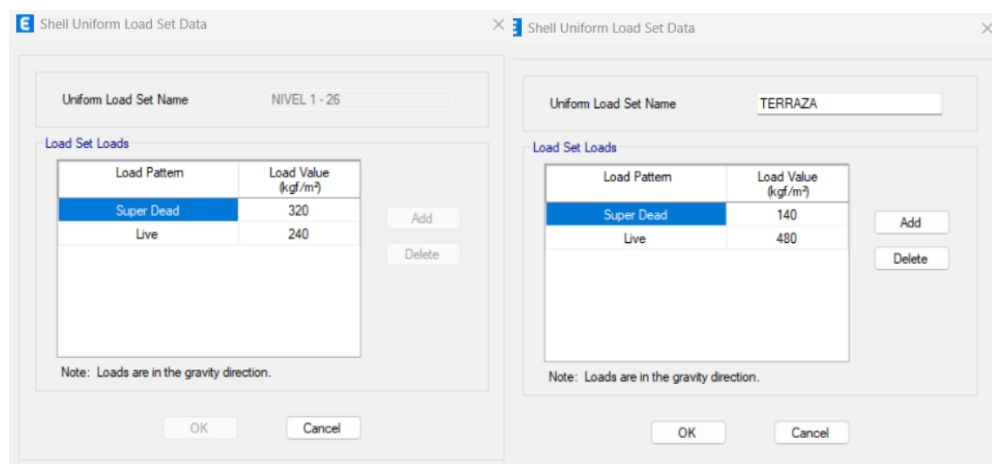


Figura 43. Cargas aplicables

Fuente: Victor Ludeña - Melanie Santana software SAP2000

El diagrama de corte se configura con el momento ante la carga permanente y variable en las vigas del nivel uno y nivel seis e, el nivel 1 se configura CM+SCM se analiza los momentos a 4m y 60m en estudio del diagrama axial es eficaz. Las cargas aplicables se realizaron del piso uno al piso veinte se trabaja con cargas vivas 240 kgf/m² carga muerta 140 kgf/m², la terraza trabaja con carga viva 480 kgf/m² y carga muerta. Se configura la acción sísmica al espectro U1- Espectro-NEC con factor de escala 20.34 y aceleración U2 – ESPECTRO – NEC con factor de escala 20.01, se realiza modo de vibración 1 con un periodo de 1.4s, modo de vibración 2 periodo de 1.38s, modo de vibración 3 con un periodo de 1.23s, se presenta la tabla 13 los modos de vibración.

El edificio Torre del Río se procede a un aumento de carga viva en la terraza del edificio por el cambio de uso de cubierta a CUBIERTAS DESTINADAS EN JARDINERIAS O PATIOS DE REUNIONES 480 KG/CM², se concluye que con las estimaciones dadas y revisando todos los análisis estructurales para ver la viabilidad del edificio se puede generar cambios y no afecta la resistencia de este.

Fase II- Proyecto de Mitigación

4.2.1. Elaboración de la propuesta

Se proyecta habitar las terrazas de los tres casos de estudio, transformando las superficies antes deshabilitadas, en espacios verdes que mitiguen las ICU contribuyendo de manera sustentable con el medio ambiente urbano, ver figura N°43. Para diseñar el prototipo de maceta modulable se trabaja con una forma cuadrada que nos permita adaptar los módulos en la cubierta, ver figura N°44-45.

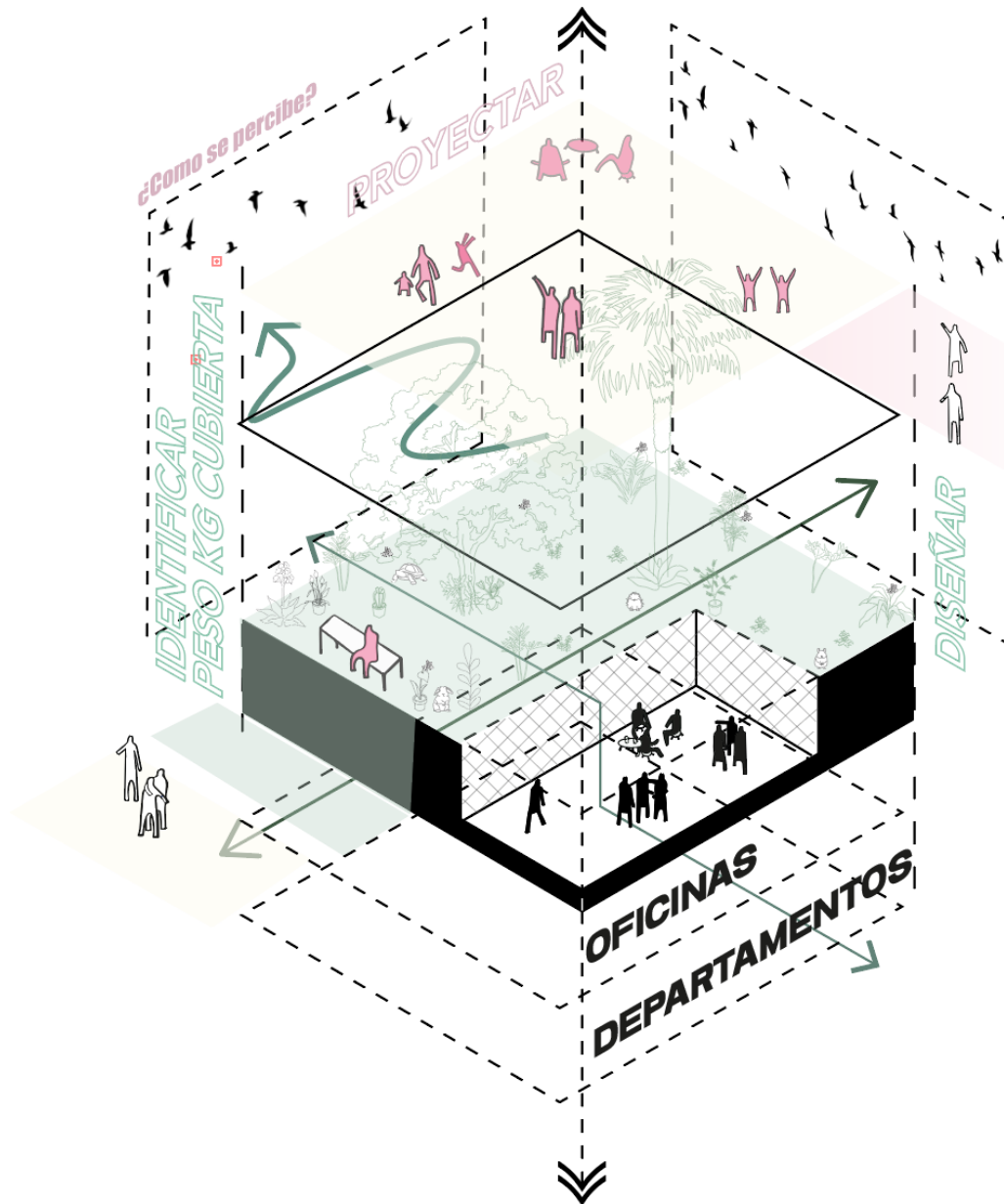


Figura 44. Habitando las terrazas deshabitadas de los casos de estudio

Elaboración propia- ilustrador

El prototipo tendrá las dimensiones de 1.00x1.00x0.23cmx3cm de espesor, su materialidad es cuartones de madera plástica reciclada (PET) por su alta resistencia a climas cálidos. Su sistema constructivo es generado por un kit piezas simétricas y armables logran un mecanismo de transformación y adaptación creando un prototipo de montaje intuitivo, sencillo y funcional. La figura **No. 44**, se observa la planta arquitectónica del prototipo donde se pueden ver las medidas estandarizadas, el corte A-A demuestra el área útil, el 3D

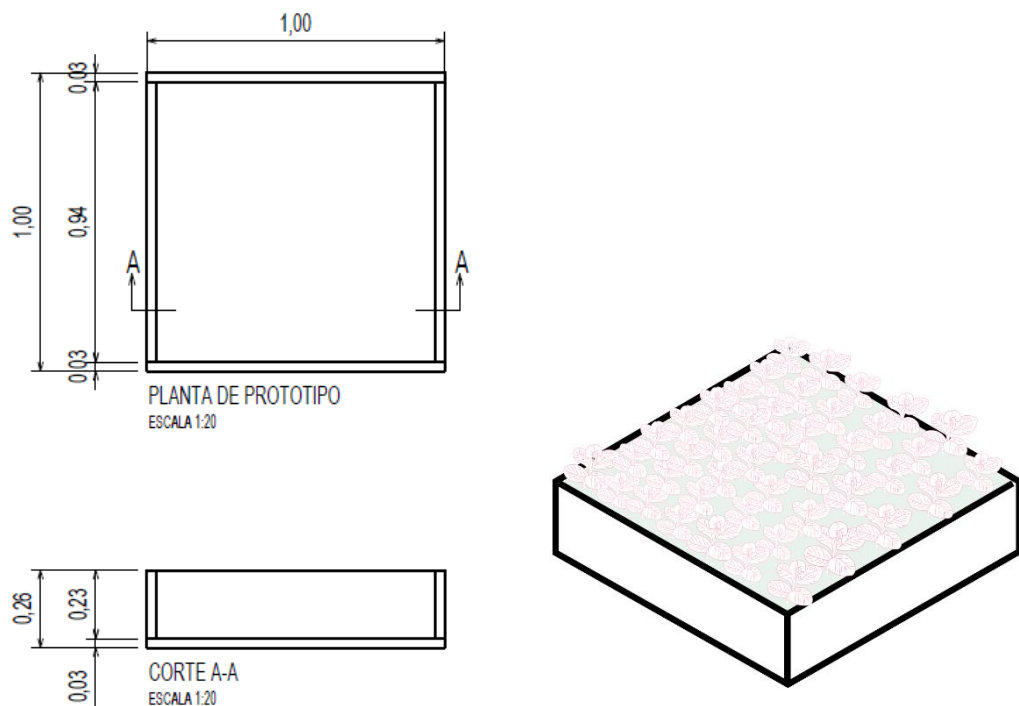


Figura 45. Prototipo de cubierta

Fuente: Elaboración propia - software AutoCAD

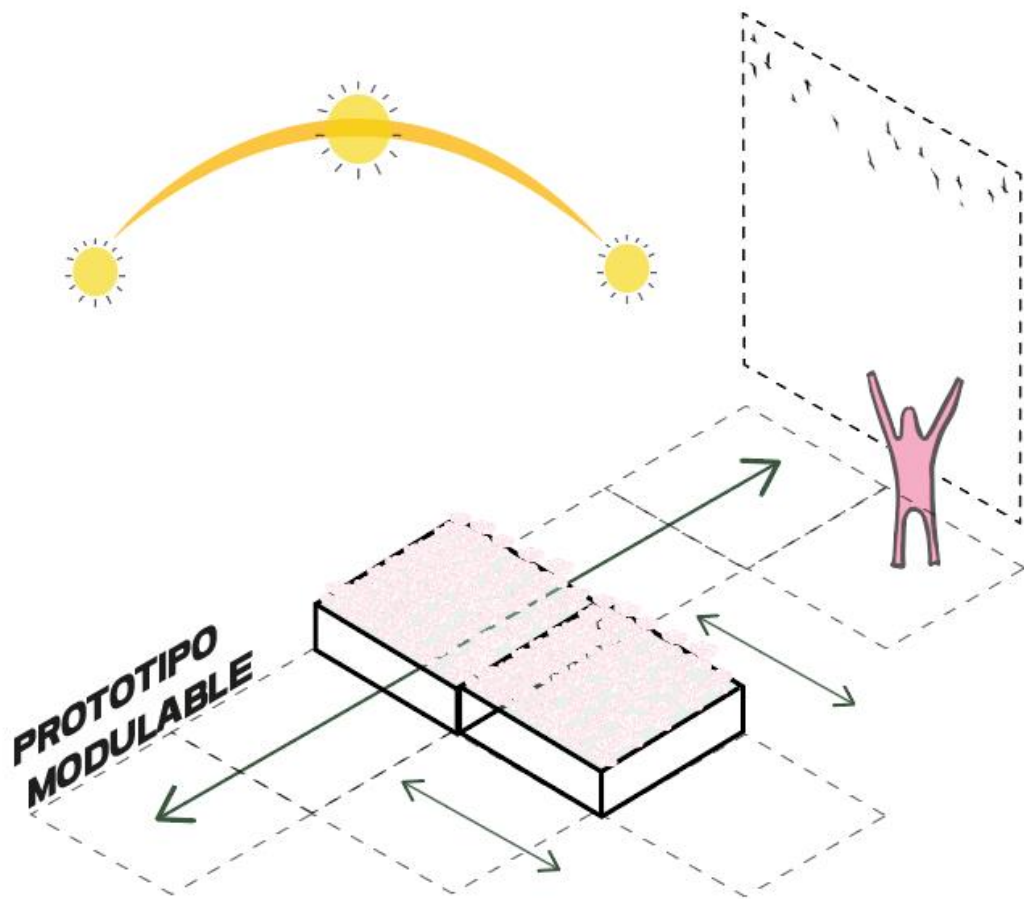


Figura 46. Prototipo modulado

Elaboración propia- ilustrador

Para lograr vincular a los ODS en el diseño se incorpora el uso de madera plástica por su versatilidad, resistencia y baja huella de carbono en su construcción teniendo un enfoque de economía circular. El tipo de uniones que se va a utilizar para conectar las piezas es: corte falso, espiga simple y tornillos. La tabla 22, indica las piezas del prototipo sus dimensiones y cantidades.

Tabla 20 . Piezas de prototipo de cubierta verde

Prototipo de madera plástica para terraza verde		
Pieza	Dimensión de tablero	Cant.
Pieza A	0.23x1.00x0.3e	2 u.
Pieza B	0.23x0.94x0.3e	2 u.
Pieza Ca	0.23x1.00x0.3e	4 u.
Pieza Cb	0.08x1.00x0.3e	1 u.

Fuente: Elaboración propia 2025

4.2.1 Lineamiento de diseño

La Figura N°46 muestra el detalle constructivo donde se visualizan los componentes que deben ir al interior del prototipo: manto impermeable, manto antirraíz, piedra chispa, sustrato vegetal, madera plástica, capa vegetal arachis pintoi.

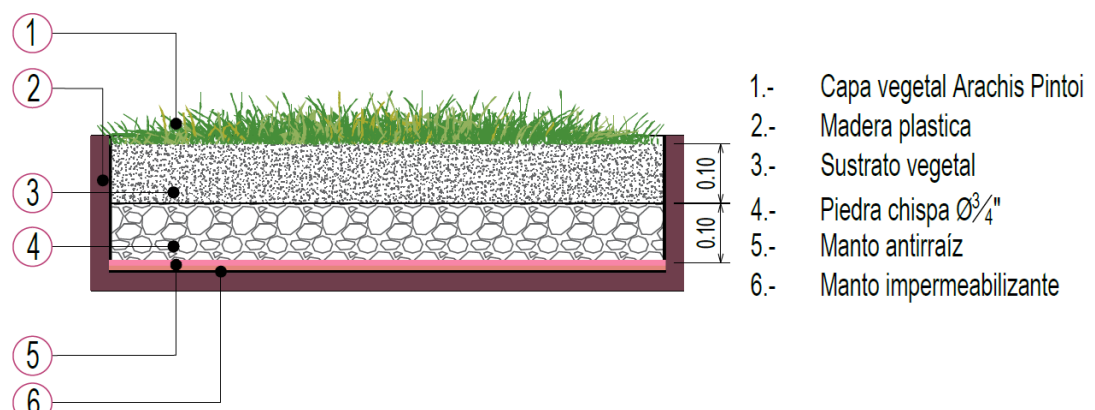


Figura 47. Detalle constructivo de cubierta

Fuente: Elaboración propia - software AutoCAD

Tabla 21. Componentes y funciones del prototipo para terrazas verdes

Componente	Funciones
Capa Vegetal	Ornamento del sistema, retiene el polvo y crea habitat para la futura fauna (jefe polinizador)
Sustrato	Aporta los nutrientes para la capa vegetal
Drenaje y retención de agua	Protege al sustrato, capa de piedra chispa
Manto impermeable	Protege a la madera plástica y otros agentes químicos que pueden ser afectados

Fuente: Elaboración propia 2025

Finalmente, el diseño del prototipo se enfocó en el peso kg, desarrollando una arquetipo de cubierta verde extensiva que sea ligero y no afecte a las cargas del edificio existente, se realiza el cálculo del peso (kg) de todo el sistema incluyendo el sustrato húmedo y vegetación teniendo **120kg**. Este proyecto ha seleccionado las siguientes especie para ubicar en el prototipo modular; por su alto poder de cobertura y por adaptarse al clima tropical de la ciudad de Guayaquil, se desarrollan en un sustrato con profundidad y por ser de bajo mantenimiento y consumo hídrico. Para la cubierta verde extensiva se seleccionó maní forrajero, (*arachis pintoi*), capta 13.6 kilogramos de $\text{CO}_2/\text{año} \cdot \text{m}^2$ reduce temperaturas superficiales 2°C a 4°C , en la etapa de floración atrae

a los jefes polinizadores beneficiando al ecosistema ver figura N°47. Para la selección de las especies se escogió el trabajo y estudio de especies que ha realizado el Instituto de Floricultura del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Ecuador. El sustrato que se ha utilizado para el proyecto completa el volumen de la maceta del prototipo esto para proveer nutrientes para las especies. La ubicación de las macetas será en la parte superior de la cubierta existente, las que serán expuestas a la radiación solar con el fin de crear una envolvente verde.

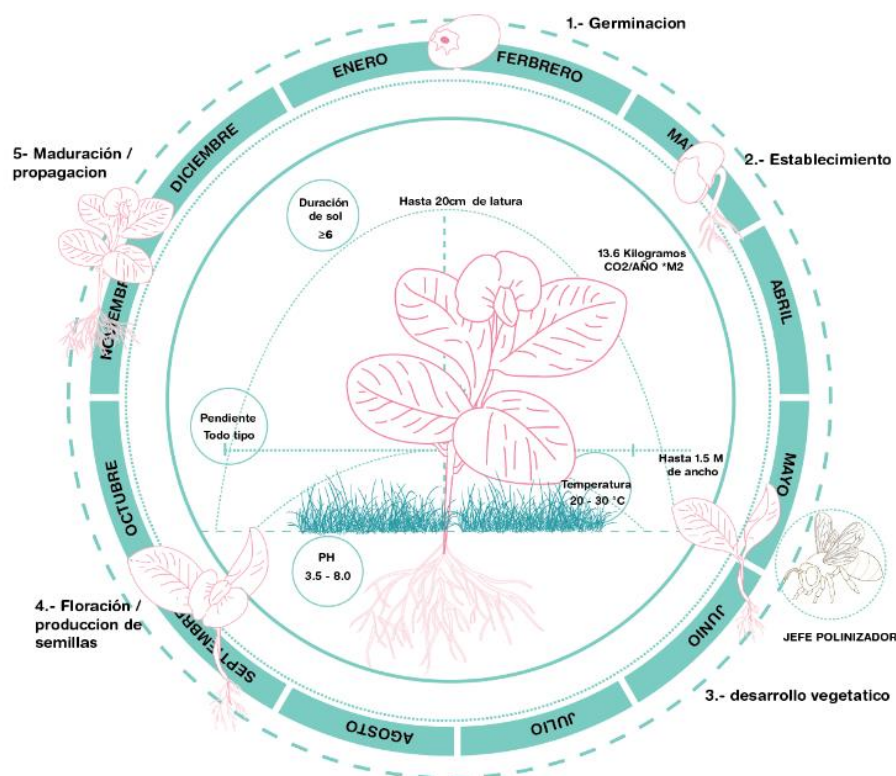


Figura 48. Maní Forrajero

Fuente: Elaboración propia - software Ilustrador

Fase III. Impacto en la sostenibilidad en edificios

4.2.2. Emplazamiento de prototipo a edificaciones

El diseño de cubiertas verdes extensivas en edificaciones de la ciudad de Guayaquil trabaja con las características climáticas de esta ciudad tropical teniendo en consideración las restricciones del proyecto; que impiden intervenir en el cuarto de máquinas, áreas de los chillers. El diseño se enfoca en la maximización de beneficios ambientales, las cubiertas verdes extensivas es un sistema ligero de bajo mantenimiento y con vegetación de poco cuidado. Se desarrolla el diseño mediante cinco etapas: la primera etapa es el análisis de la zonificación y distribución, la segunda etapa es la ubicación del sistema constructivo vegetal, finalmente la tercera etapa se basa en el mantenimiento y sostenibilidad.

- **Distribución y zonificación**

Se estudió cada proyecto respetando las áreas técnicas no intervenibles:

Corredores técnicos: diseñados para delimitar los accesos, mantenimientos de las áreas de chillers, cuarto de máquina. Se propone ubicar en el piso de la cubierta impermeabilizante líquido antideslizante Superacryl color blanco, facilitando el buen mantenimiento sin posibles riesgos.

- **Ubicación de sistema vegetal**

Se ubica Prototipo con área vegetal de bajo cuidado y alta adaptabilidad al clima de la ciudad ubicada de forma lineal y agrupada de forma homogénea para optimizar la cobertura vegetal. La tabla N°24 indica el área diseñada en cada edificación, teniendo

un total de 882.85m². Puntos de revisión: se crea pequeñas zonas alrededor de las áreas de vegetación para realizar el mantenimiento de la vegetación. (Ver anexo 5)

Tabla 22 . Área diseñada en edificaciones

COD.	Nombre de Edificio	Área
001	Edificio La previsora	335.95 m ²
002	Edificio Torres la Merced	217.91 m ²
003	Edificio Torre del rio	328.99 m ²
TOTAL		882.85 m²

Fuente: Elaboración propia ,2025

- **Ubicación del Sistema Constructivo vegetal**

En la Figura N°48-49-50 se visualiza la secuencia de prototipo maceta modular 1.00x1.00x0.23cm se elabora en madera plástica reciclada teniendo componentes: manto impermeable, área de drenaje y retención del agua, sustrato, capa vegetal, (para visualizar los planos ver anexo 5).

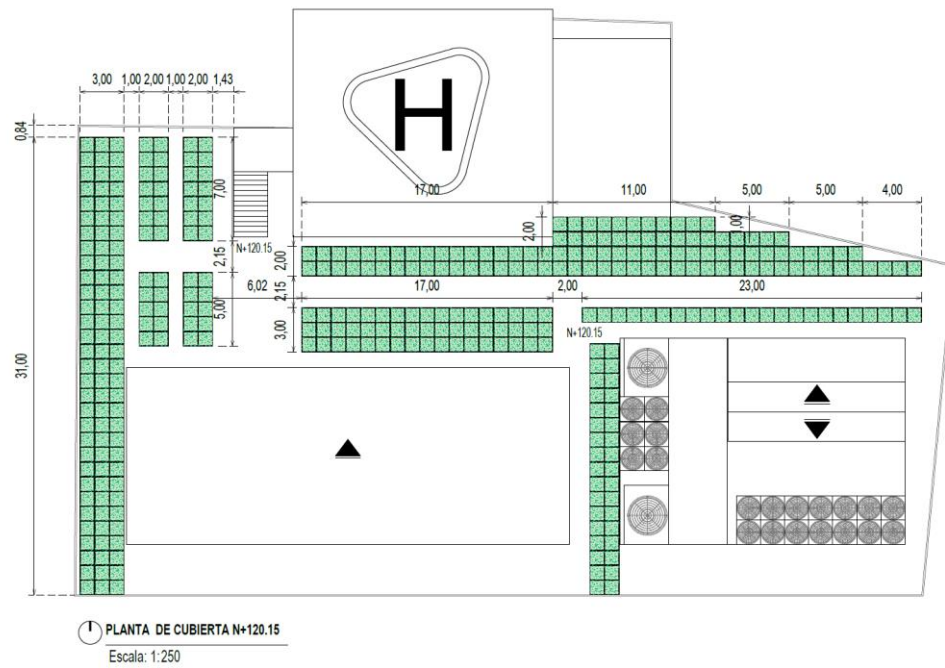


Figura 49. Terraza edificio La Previsora

Fuente: Elaboración propia - software AutoCAD

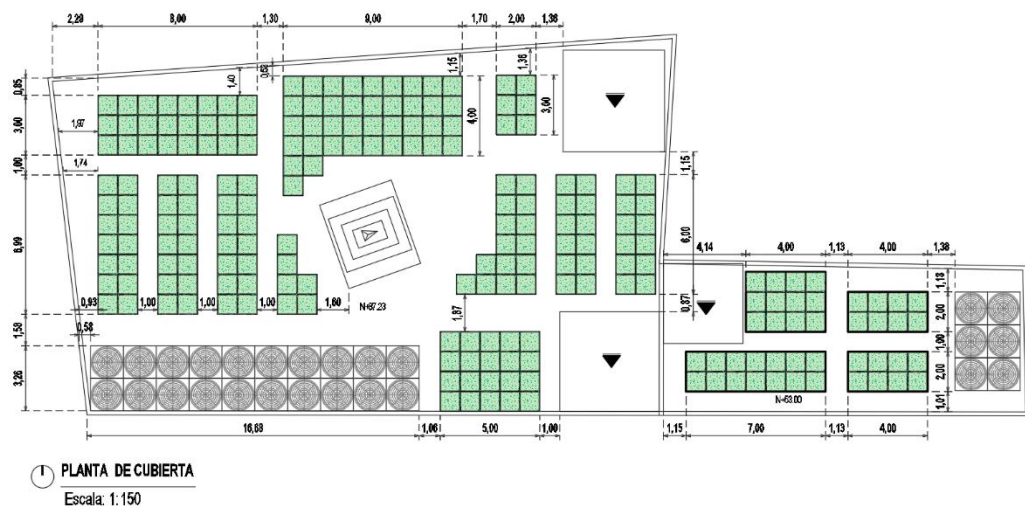


Figura 50. Terraza edificio Torres la Merced

Fuente: Elaboración propia - software AutoCAD

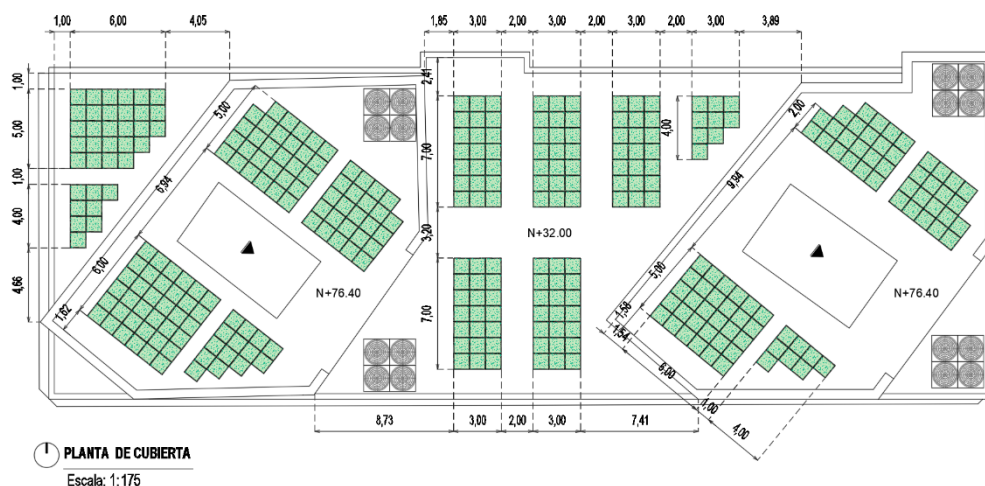


Figura 51. Terraza edificio Torres del Río

Fuente: Elaboración propia - software AutoCAD

4.2.3. Calculo anual de captura de co2

En cuanto a la factibilidad del diseño se realiza el cálculo de captura de carbono, se utiliza el áreas neta plantada en cada una de las edificaciones y la captura diaria del maní forrajero siendo 13.6 kilogramos de co2/año*m2.

Tabla 23 . Cálculo de la captura de carbono

Edificios	Área neta plantada (m2)	Captura anual vegetal (kg)	Captura CO2 (kg)
La Previsora	335.95	13.6	4.568.92
Torres la Merced	217.91	13.6	2.963.57
Torres del Río	328.99	13.6	4.474.26

En la tabla 23-24 se puede observar los m2 plantados en techos verdes en la edificación la Previsora captura 4.568.92kg de CO2 por lo tanto captura 4.57 tCO₂, el edificio Torres La Merced captura 2.963.57kg de CO2 esto es 2.96 tCO₂, el edificio Torres del Río captura 4.474.26 de CO2 es decir 4.47 tCO₂,ver Figura 51.

Tabla 24. Cantidad de CO2 retenida en kg

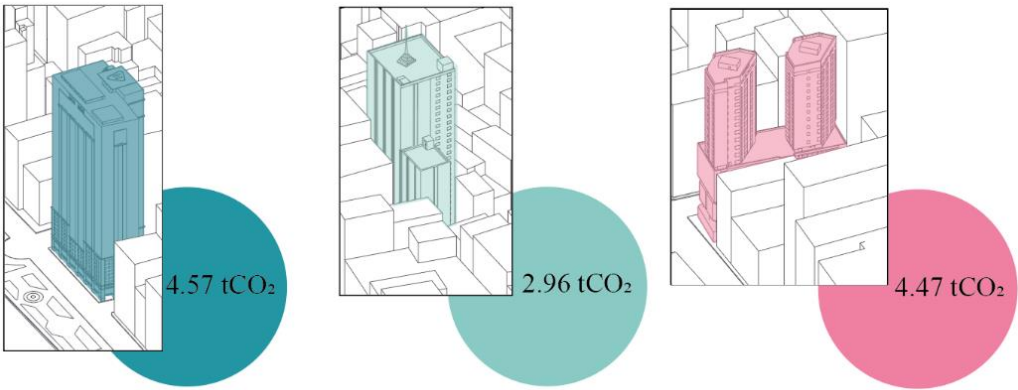
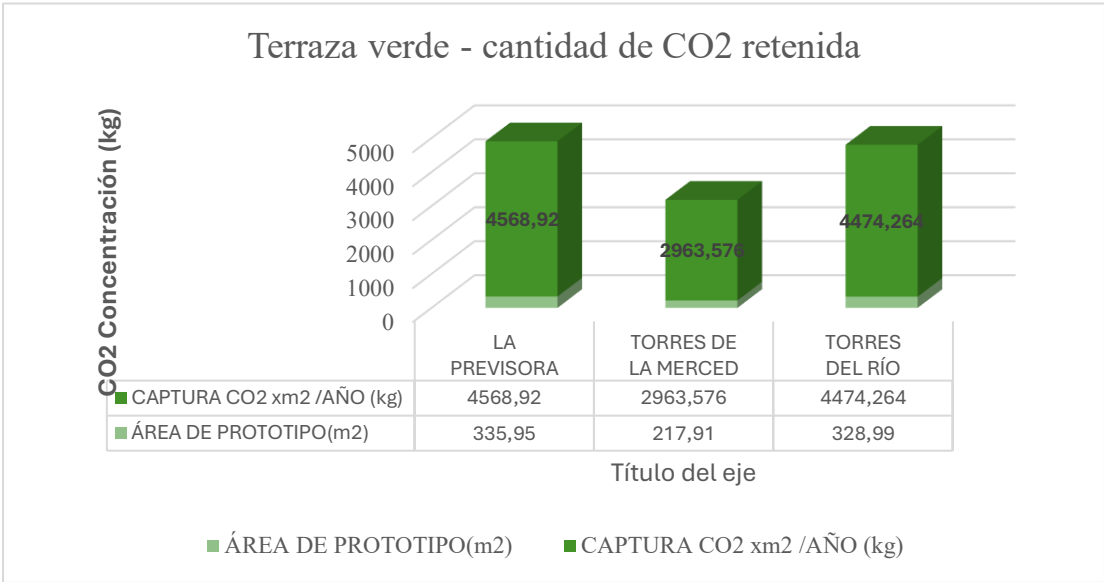


Figura 52. Toneladas de CO2 por edificio

Fuente: Elaboración propia - software Revit-ilustrador

CAPÍTULO 5

5.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

En definitiva, el diseño del prototipo de terrazas verdes urbanas mitiga las ICU de los tres casos de estudio además el prototipo vegetado con arachis pintoí demostró rendimiento alto de captura de dióxido de carbono CO₂ por año entre las características a destacar de la cobertura vegetal es nativa que requiere un bajo consumo de agua, resistente a la sequía. El prototipo se desarrolló de forma rectangular de madera plástica reciclable (PET) se seleccionó la materialidad por su sostenibilidad, durabilidad y bajo mantenimiento costo – beneficio.

A través del análisis estructural se demostró que las tres edificaciones soportan el aumento de carga viva de la terraza, el cambio el uso de la cubierta a cubierta destinada a jardinerías se calculó con un peso 480 kg/cm² como resultado no afecta la resistencia de las edificaciones y soporta las terrazas verdes.

Se determinaron las áreas efectivas de las cubiertas, la zonificación se clasifica en área de cobertura vegetal y área de circulación. El área de cobertura vegetal varía según la edificación por lo consiguiente el edificio la previsoría tiene un área de 335.95m², Torre la Merced 217.91m², Torre del Río 328.99m² finalmente el proyecto cuenta con un área de cobertura vegetal total de 882.85m².

Este estudio demostró que el prototipo de terraza verde urbana absorbe dióxido de carbono CO₂ por año, 4.57tCO₂ la Previsora, 2.96 tCO₂ Torre la Merced, 4.47 tCO₂ Torres del Río reduciendo la vulnerabilidad ante los efectos de las ICU.

5.2. Recomendaciones

Culminando este proyecto de tesis se sugiere tener en consideración los siguientes aspectos, es prioritario tener presente la estructura del edificio donde será ubicado la terraza verde; considerar el tipo de estructura que la compone: cimentación, columnas, vigas, espesor de losa así mismo se verificará las cargas y el análisis sísmico mediante el software SAP2000.

Se debe considerar el tipo de vegetación es fundamental que sea nativa, resistente a diversas condiciones soportando temperaturas elevadas y sequías características importantes a considerar en su selección. El diseño de terraza verde deberá considerar materialidad de alto impacto.

Para futuras investigaciones es importante indicar que las fachadas verdes también ayudarían a mitigar las ICU, si se implementan deberán utilizar una estructura de soporte que va a estar sujeta a las fachadas existente mediante pernos de expansión el peso kg de la estructura de soporte deberá ser calculada por un ingeniero civil calculista.

CAPÍTULO 6

6.BIBLIOGRAFÍA

- Aceves Navarro, L., Juarez Lopez, J., Palma Lopez, D., Rivera Hernandez, B., & González Mancilla, R. (s.f.). Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del melón, en el estado de tabasco .
- Aguilar , A., Popoca C., P., Madrigal G., J., Jácome F., M., Sanaphre V., L., & Medrano P., O. (2024). *Evaluación del efecto de las islas de calor urbano y sus implicaciones en la vulknerabilidad social en Villahermosa, Tabasco, México.*
- Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality. *Solar Energy*.
- Arnifield A., J. (2003). Two decadas of urban climate research: a review of turbulence, exchange of energy and water, and the urban heat island . International Journal of Climatology. 23(1). Obtenido de <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.859>
- Balasubramanian. (2017). Elements of Climate and Weather.
- Berardi, U., & GhaffarianHoseini, A. (2014). State of the art analysis of the enviromental benefits of the greem roofs Applied Energy. 115,411,428.
- CAF. (2021). *Vulnerabilidad y adaptación al Cambio Climatico en Guayaquil.* Obtenido de <https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/2021/10/VulnerabilidadGuayaquil.pdf>

- Carlos Palacios P., V. G. (2017). La forma espacial de la Isla de Calor en la Ciudad de Guayaquil. *Investigation*. Obtenido de <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/article/view/141>
- Climate Institute. (2023). Can Green Roofs Help Cities Respond to Climate Change.
- Compte G. , F. (2023). Guayaquil: una ciudad con historia y proyección.
- Copernicus Climate Change Service. (2025). European State of the climate - Report 2024. 4. Obtenido de <https://climate.copernicus.eu/esotc/2024>
- Currie B., A., & Bass , B. (2008). *Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. Urban Forestry & Urban Greening* Estimates of air pollution mitigation with green plants and green roofs using the UFORE model. *Urban Forestry & Urban Greening*, 7(4), 297–307. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2008.07.004>
- Emmanuel, R., & Steemers, K. (2010). Urban microclimates and green design . *Building and Environment*.
- Fariña , J. (1998). La ciudad y el medio natural. *Akal*.
- García Herrera, G. (2018). La isla de calor en la zona urbana de la ciudad de Guayaquil, mediante Sistema de Informacion Geografica y Teledetección. Obtenido de https://biblioteca.semisud.org/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=303434
- Geiger, R. (1950). The Climate Near the Ground.

- Getter K., L., & Rowe D., B. (2006). *Green roofs and thermal performance*, *HortScience*.
- Getter K., L., & Rowe D., B. (2006). The role of extensive green roofs in sustainable development *HortScience*. 41(5),1276,1285.
- Getter K., L., Rowe D., B., Andresen J., A., & Wichman I., S. (s.f.). *Carbon sequestration potencial of extensie green roofs*. *Enviromental Science & Tecnology*, 46(19). Obtenido de <https://doi.org/10.1021/es901539x>
- Getter, K., & Rowe, D. (2006). The role of rxtrnsivr green roofs in sustainable development. *HortScience*, 42-176-1285.
- Gill S., E. (2007). Adapting cities for climate change. *Built Environment*.
- Gómez Azpeitia, G., & Tejeda Martinez, A. (2023). *Arquitectura, Confort y Cambio Climático* , 120.
- Gómez, A., Pérez , L., & Rodríguez, J. (2020). *Estrategias de sostenibilidad urbana mediante la implementación de corredores verdes*.
- Green Roofs. (2004). Green Roofs for Healthy Cities. *Green Roofs for Healthy Cities*. Obtenido de <https://greenroofs.org/about-green-roofs>
- Greenroofs. (2025). *Techos Verdes*. Obtenido de Techos Verdes: <https://www.greenroofs.com/projects/the-portland-building/>
- Grimmond C., S., & Oke T. , R. (1999). Aerodynamic properties of urban aereas. *Boundary Layer Meteorology*.

- GTUSH. (2019). *GTUSH*. Obtenido de GTUSH: <https://www.gtush.com/lengua-de-suegra/>
- Guillermo Soriano, G. V. (2016). Estimating the Urban Heat Island Effect in the City of Guayaquil . 26-30.
- Henriquez, C., & Romero , H. (2019). *Urban Climates in America Latina*. Santiago: Springer Nature.
- Higueras, E. (1998). Urbanismo Bioclimático. Criterios Medioambientales en la Ordenación de Asentamientos. (U. P. Madrid, Ed.)
- Hortus. (s.f.). *Cartilla de Cultivo de Zapallo* . Obtenido de Cartilla de Cultivo de Zapallo : https://www.hortus.com.pe/images/products/data-sheet/Hortus_20230220150122_CartilladeCultivoZapalloMacre.pdf
- INAMHI. (2020). Anuario metereologico de guayaquil: Climatologia 2015-20000. Obtenido de <http://www.inamhi.gob.ec/anuario-meteorologico/>
- INEC. (2022). *Censo Ecuador 202*. Guayaquil: INEC.
- Interempresas. (2018). *Interempresas*. Obtenido de Interempresas: <https://www.interempresas.net/Climatizacion/Articulos/213156-Knauf-Insulation-instala-una-cubierta-verde-de-6800m2-en-Guipuzcoa.html>
- IPCC. (2007). (C. U. Press, Ed.) *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* (S. Salomon, D. Quin, & M. Manning (eds)., 104.
- IPCC. (2021). *Intergovernmental Panel on Climate Change, Sixth Assessment Report*.

IPCC. (2021). *Intergovernmental Panel on Climate Change, Sixth Assessment Report*.

IPCC. (2021). Intergovernmental Panel on Climate Change-Sixth Assessment Report.

IPCC. (2023). *Climate Change - Synthesis Report*, 42. Obtenido de https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

Jimenez , P. (2018). Impacto de la planificación urbana en la resiliencia climática de ciudades. *Revista de planificación y Medio ambiente* , págs. 14(1), 98-115.

Jimenez Ferrer, O., Arco Diaz, J., & Hidalgo Garcia, D. (2019). Estudio del Fenómeno “Isla de Calor” en la Calle Gran Vía de Granada = Study of the “Heat Island” phenomenon on Gran Vía Street in Granada.

Jiménez, P., García, L., & Rodríguez, M. (2020). Corredores verdes Urbanos y su impacto en el Cambio Climático. *Corredores verdes Urbanos y su impacto en el Cambio Climático*, 45-60.

Johansoon, E., Wasim, M., & Arroyo, I. (2018). Outdoor thermal comfort in public space in warm-humid Guayaquil, Ecuador. *International Journal of Biometeorology*, 62.

Junmei, T., Liping, D., Jingfeng, X., Dengsheng, L., & Yuyu, Z. (2017). Impacts of land use and socioeconomic patterns on urban heat island. Obtenido de Tang, J., et al. Impacts of land use and socioeconomic patterns on urban heat island. *International Journal of Remote Sensing*.

- Junnila, S., & Horvath, A. (2003). Life-Cycle Environment Effect of an Office Building . *Journal of Infrastructure Systems*, 157-166.
- Krier, R. (1975). El Espacio Urbano . *Proyectos de Stuttgart*.
- Lab, A. (2025). *Academia Lab*. Obtenido de Academia Lab: <https://academia-lab.com/enciclopedia/paspalum-notatum/>
- Linacre, E., & Greerts, B. (1997). *Climates and Weather Explained*.
- Lopez. (2010). Un acercamiento a las Cubiertas Verdes. *Un acercamiento a las*, 34. Obtenido de <https://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.fbpsa.com/images/acerca>
- Lopez Gonzalez, B., Camacho , A., Martinez Rodriguez, M. C., & Marcelino Aranda , M. (2020). *Techos verdes sustentables*.
- Lundholm, J. (2006). Green roofs and biodiversity conservation. . *Landscape and Urban Planning*.
- M. I. Municipio de Guayaquil. (2019). *Gaceta Oficial 37*. Guayaquil: Municipio de Guayaquil.
- Maderey. (2005). Principios de hidrogeografía: Estudio del ciclo hidrológico. Instituto de geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <https://caminosyminas.upct.es/guia-docente/522102005>
- MAE. (2019). *Informe Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero*. Ministerio del Ambiente.

Maldonado, R., & Quiñones, S. (2019). Corredores ecológicos urbanos: una solución sostenible frente al Cambio Climático. *Ciencia y Sostenibilidad*, págs. 5(1), 58-75.

Marín Santana . (2017). EVALUACIÓN DE HENO DE TRITICALE (X Triticosecale Wittmack) COMO COMPLEMENTO PARA VACAS LECHERAS BAJO PASTOREO DE PRADERAS DE RYEGRASS (*Lolium perenne* cv. Bargala) O FESTUCA ALTA (*Festuca arundinacea*) EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67622/TESIS-MNMS-ETL0317-split-merge-split-merge.pdf?sequence=3>

Mellert, R., & Kamp, J. (2022). Vegetation based ecosystem service delivery in urban landscapes: A systematic review. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127818>

Morales Mojica, J., Cristancho Santos, M., & Baquerizo Rodriguez, G. (2017). Tendencias en el diseño, construcción y operación de techos verdes para el mejoramiento de la calidad del agua lluvia. Estado del arte. *Ingeniería del agua*, 179-196.

Naciones Unidas. (2020). *Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente*.

Naciones Unidas. (2024). *Objetivos de Desarrollo Sostenible* . Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible :

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Nahed, S., Marwa, A., Ameni, M., & Odio, M. (2024). *Propiedades termofísicas y eficiencia energética de materiales de construcción sostenibles producidos a partir de residuos naturales locales.*

NEC. (2012). *Sistema Integrado de consulta de Clasificaciones y Nomenclaturas* .
Obtenido de Ficha técnica de agricultura :
https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/co_agricola.php?id=01930.00.12

NEC. (2014). Código Ecuatoriano de la Construcción. *Geotécnico y Cimentaciones*.

Oberndorfer, E., Lundholm, J., & Bass, B. (2007). Green Roofs As Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions And Services.

Ochoa De la Torre , & Serra, F. (1999). La vegetación como instrumento para el control microclimático.

Oke T., R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108-1-24.

Oke T., R. (1987). *Boundary Layers Climates*.

Oke T., R. (1987). *Boundary Layer Climates*.

Oke, T., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. (2017). *Urban Climates*. New York: Sheridan Books.

OMM. (10 de Enero de 2025). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://wmo.int/es/news/media-centre/la-organizacion-meteorologica-mundial-confirma-que-2024-fue-el-ano-mas-calido-jamas-registrado-al#:~:text=los%20niveles%20preindustriales-,La%20Organizaci%C3%B3n%20Meteorol%C3%B3gica%20Mundial%20confirma%20que%202024%2>

ONU. (2020). *World Cities Report 2020 The Value of Sustainable Urbanization*. Nairobi, Kenya: United Nations Human Settlements Programme. Obtenido de https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf

ONU HABITAD. (2020). La nueva agenda urbana. Obtenido de <https://unhabitat.org/images/Publicaciones/Nueva-Agenda-Urbana-Ilustrada.pdf>

P. Shahmohamadi, I. C.-A.-N. (2010). The Link between Urbanization and Climatic Factors: A Concept on Formation of Urban Heat. *The Link between Urbanization and Climatic Factors: A Concept on Formation of Urban Heat*, 14.

Palacios P. , C., Gonzalez B., V., Dick Z., S., & Coello J. , M. (2017). The Spatial form of the Urban Island in Guayaquil . 92-106.

Peck S., W., Callaghan , C., Kuhn M., E., & Bass, B. (1999). *Greenbacks from green roofs: Forging a new industry in Canada. Canada Mortgage and Housing Corporation*.

- Quagliolo, C., Pezzoli, A., Ignaccolo, R., & Santos Davila, J. L. (2020). Time-lagged inverse-distance weighting for air temperature analysis in an equatorial urban area (Guayaquil, Ecuador). *RMetS Royal Meteorology Society*. Obtenido de <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/met.1938>
- Rincón C., A.; Cuesta M., P. A.; Pérez S., R. (1992). ManíForrajero Perenne (Arachis pinto; Krapovickas y Gregory): Una alternativa para ganaderos y agricultores. *Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Centro Internacional de Agricultura Tropical*, 219-23.
- Rizwan A., M., Dennis L., Y., & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of urban heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20-120-128.
- Rosenzweig, C., Solecki, W., & Slosberg R. (2006). Living roofs in NYC. *Urban Forestry & Urban* .
- Rossel , F., & Cadier , E. (2009). El Niño and prediction of anomalous monthly rainfalls in Ecuador. *Hydrological Processes*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/hyp.7401>
- Roth, M. (2017). *Updating the ASHRAE climate design data for 2017*. Transactions.
- Sailor D., J. (2008). Green roof energy savings. *Energy and Buildings*.
- Sailor, D. (2008). A green Roof model for building energy simulation programs. . *Energy and Buildings*, 1466-1478.

- Sanchez R., J., Larde, J., Chauvet, P., & Jaimurzzina, A. (2017). *Inversiones en infraestructura en America Latina: Tendencia, brechas y oportunidades*.
- Santamoris, M. (2015). Analyzing the heat island effect and planning mitigation strategies.
- Santamouris. (2014). Cooling the cities a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve confort in urban enviroment. 103-682-703.
- Santamouris, M. (2014). *Cooling the cities a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve confort in urban environments*.
- Santamouris, M. (2014). On the energy impact of urban heat island and global warming on buildings. 100-113. Obtenido de [//doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.022](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.022).
- Santamouris, M. (2017). *Passive Cooling of Buildings*. Routledge.
- Schuetze , T., & Chelleri, A. (2021). Urban green infrastructure: Modeling evapotranspiration for water management. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127276>
- Solecki, W. (2018). Urbanization and climate change. . *In Global Environmental Change*.
- Taha , H. (1997). Urban Climates and heat islands. *Atmospheric Environment*.
- Taiz L. (2010). Plant physiology (5th ed).

- Tang, J. (2017). Impacts of land use and socioeconomic patterns on urban heat island. *International Journal of Remote Sensing*.
- Tecnicas, G. F. (2024). *Garden Fichas Tecnicas*. Obtenido de <https://www.fichastecnicas.info/fichatecnica.php?id=13>
- Torres Sánchez, G. (2021). *Influencia de la Temperatura y Humedad atmosférica sobre los casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en Guayaquil entre 2014-2017*, 74. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/51471/T-76754%20TORRES%20SANCHEZ.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Turmini, I. (2012). El microclima urbano en los espacios abiertos .
- United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda For sustainable developmente A/RES/70/1. Obtenido de <https://docs.un.org/en/A/RES/70/1>
- Uribe Botero, E. (2015). *El cambio climatico y sus efectos en la biodiversidad en America Latina*.
- Velasco, M., Sánchez, H., & Ruiz, J. (2019). *Efecto de la isla de calor urbano en ciudades costeras: el caso de Guayaquil*. Urban Climate Journal.
- Vijayaraghavan, K. (2016). Green roofs: A critical review on the role of components, benefits, limitations and trends. *Renewable and sustainable Energy Reviews*.
- Wang, J., Poh, C., Ting, C., Lee, V., & Jain, A. (2017). Building biodiversity: drivers of bird and butterfly diversity on tropical urban roof gardens.

- WMO. (2024). *State of the Global climate 2024*, 3-4. Obtenido de https://library.wmo.int/viewer/69455/download?file=WMO-1368-2024_en.pdf&type=pdf&navigator=1
- Y. Li. (2021). Regional effects of plant diversity and biotic homogenization in urban ecosystems. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127456>
- Young Living Academy. (2021). *Young Living Academy*. Obtenido de Young Living Academy: <https://livinglab.younglivingacademy.edu.ec/especies-de-bosque-humedo/paja-toquilla/>
- Yunus A., C., & Asshin J., G. (s.f.). *Transferencia de calor y masa - fundamentos y masa*, Mexico.
- Z.S., M., I.A, Z., F.N., M., T.N., T., N.M., I., & N., M. (2016). Green Roof Technology-Mitigate Urban Heat Island (UHI) Effect.
- Živković, P., Dimitrijević Jovanović, D., & Stevanović, Z. (2018). The impact of the building envelope with the green living systems on the built environment. *Thermal Science*, 1033-1045.

CAPITULO 7

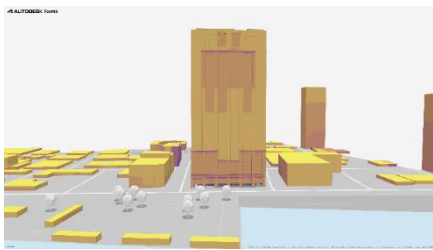
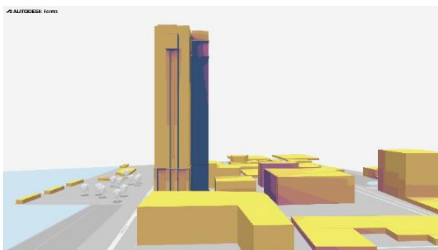
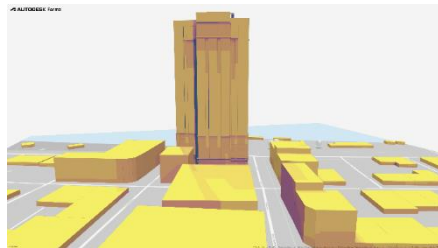
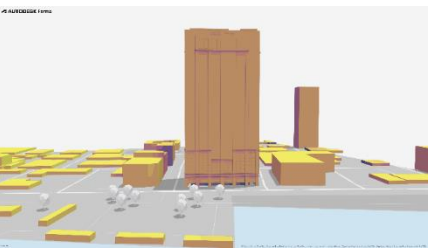
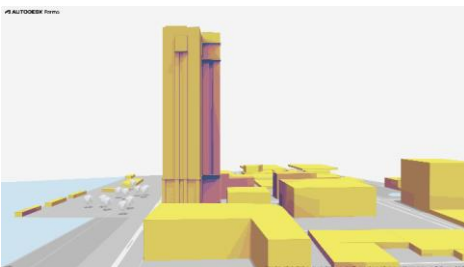
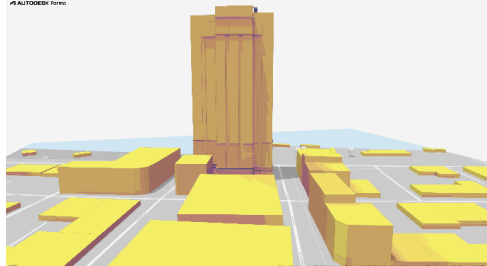
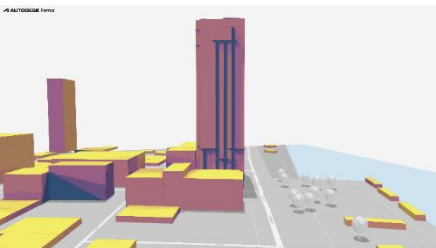
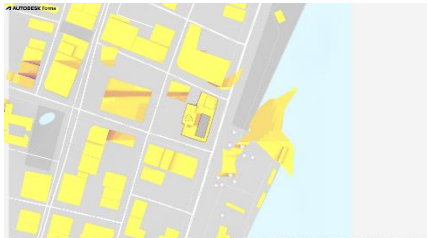
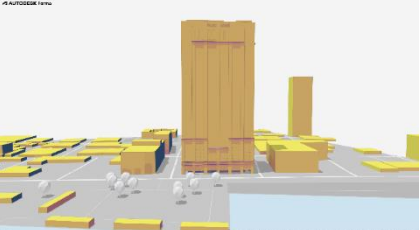
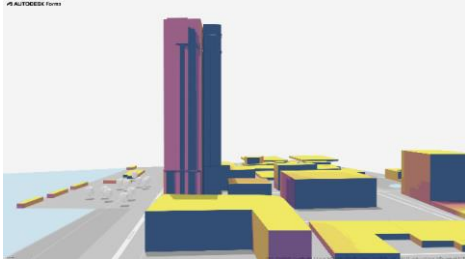
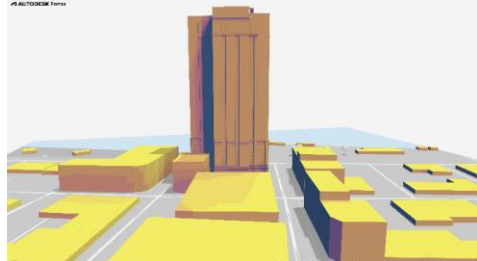
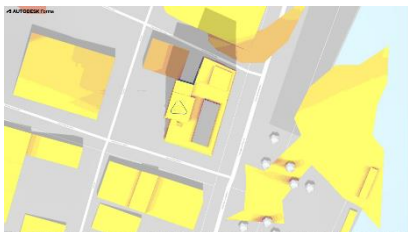
7. ANEXOS

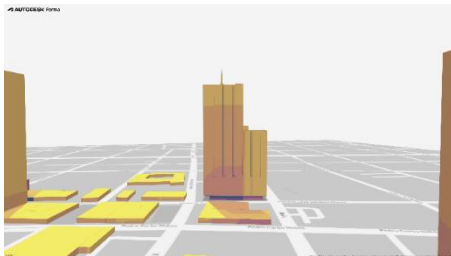
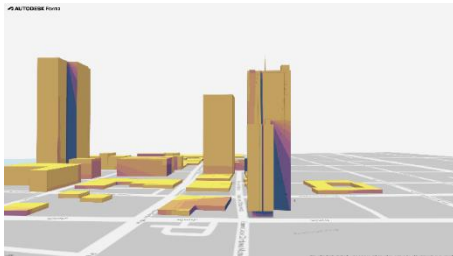
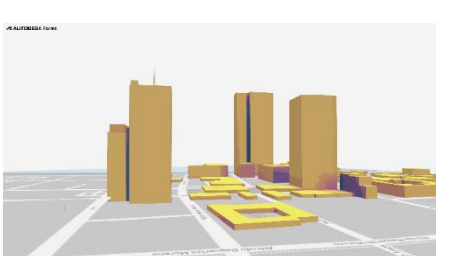
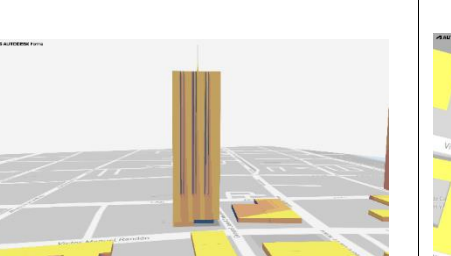
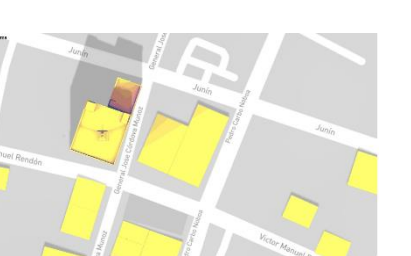
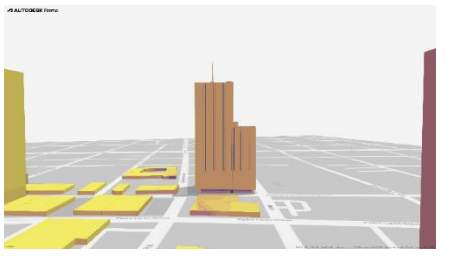
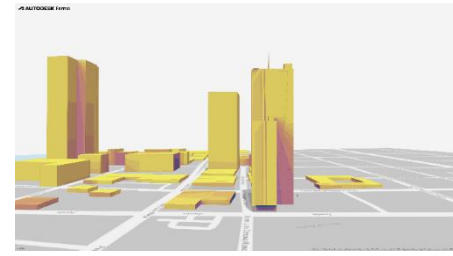
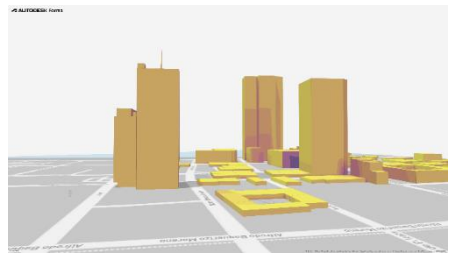
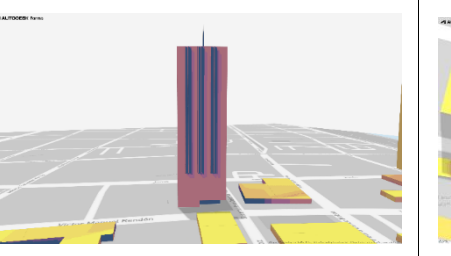
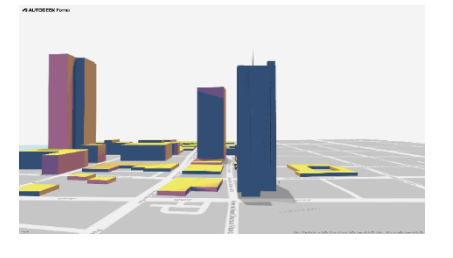
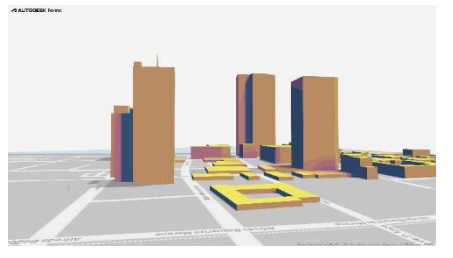
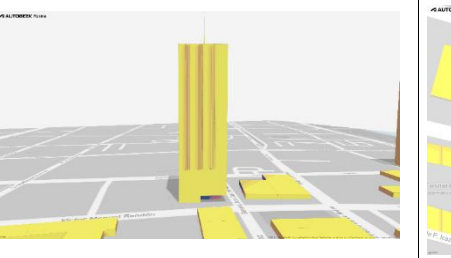
ANEXOS 1 - Software Climate Consult 6.0 – Data weather (año de análisis 2024)

Weather Data Summary									Location: Latitude/Longitude: Data Source:		Guayaquil-Olmedo Intl.AP, GY, ECU 2.157° South, 79.884° West, Time Zone from Greenwich -5 SRC-TMYx 842030 WMO Station Number, Elevation 5 m		
Monthly Means	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Global Horiz Radiation (Avg Hourly)	265	275	309	322	273	278	314	343	358	336	356	306	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Hourly)	185	182	196	233	180	199	231	250	256	227	266	224	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Hourly)	128	130	154	144	144	141	152	156	163	165	168	149	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Max Hourly)	737	853	883	798	732	775	841	854	956	904	870	745	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Max Hourly)	634	696	711	663	605	715	770	719	818	809	778	677	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Max Hourly)	321	304	409	346	352	311	334	355	370	396	419	342	Wh/sq.m
Global Horiz Radiation (Avg Daily Total)	3219	3320	3720	3848	3260	3306	3744	4101	4293	4060	4310	3712	Wh/sq.m
Direct Normal Radiation (Avg Daily Total)	2250	2197	2355	2789	2147	2365	2752	2988	3069	2739	3222	2726	Wh/sq.m
Diffuse Radiation (Avg Daily Total)	1561	1576	1853	1725	1717	1683	1809	1862	1963	1989	2036	1813	Wh/sq.m
Global Horiz Illumination (Avg Hourly)	30094	30934	34268	35873	31028	31613	35287	37971	38831	36362	38995	34284	lux
Direct Normal Illumination (Avg Hourly)	14603	13008	13273	17816	14661	17135	20518	20848	19227	16603	22904	18739	lux
Dry Bulb Temperature (Avg Monthly)	26	27	27	27	27	25	24	24	24	25	25	26	degrees C
Dew Point Temperature (Avg Monthly)	22	23	23	23	22	20	18	19	18	18	18	20	degrees C
Relative Humidity (Avg Monthly)	80	83	82	77	77	75	69	74	69	69	68	70	percent
Wind Direction (Monthly Mode)	230	230	220	230	230	220	220	220	210	210	220	220	degrees
Wind Speed (Avg Monthly)	2	2	2	2	2	3	3	4	3	3	3	3	m/s
Ground Temperature (Avg Monthly of 3 Depths)	26	26	26	26	26	25	25	24	24	24	25	25	degrees C
Back Next													

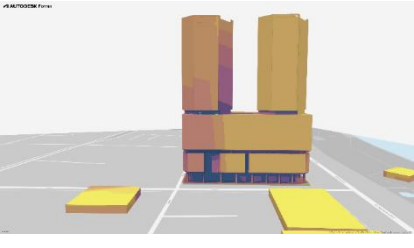
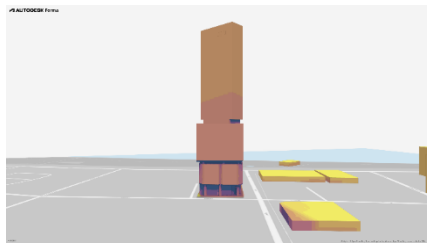
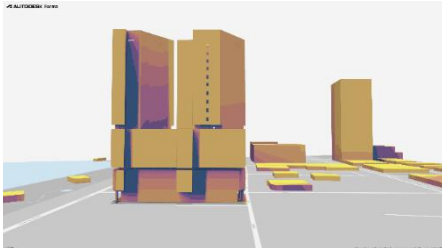
ANEXO 2

Resultados 2: SOFWART REVIT + AUTODEST FORMA (año de análisis 2024)

La Previsora					
Meses	Fachada Frontal	Fachada Lateral Derecha	Fachada Posterior	Fachada lateral izquierda	Cubierta
Marzo	Geometry hours m² % 0 - 1 5037 3 1 - 2 2133 1 2 - 3 2534 2 3 - 4 4119 3 4 - 5 10114 6 5 - 6 31971 20 6 - 7 53588 33 7 - 8 3251 2 8 - 9 3780 2 9 + 46200 28 Total 162827 100 				
Abril	Geometry hours m² % 0 - 1 4635 3 1 - 2 4025 2 2 - 3 11025 7 3 - 4 15716 10 4 - 5 6684 4 5 - 6 29473 18 6 - 7 17963 11 7 - 8 8518 5 8 - 9 17135 10 9 + 50060 30 Total 165234 100 				
Noviembre	Geometry hours m² % 0 - 1 25538 16 1 - 2 3637 2 2 - 3 3624 2 3 - 4 3630 2 4 - 5 6857 4 5 - 6 23458 14 6 - 7 22091 13 7 - 8 2785 2 8 - 9 6093 4 9 + 67521 41 Total 165234 100 				

Torre la Merced																																									
Meses	Fachada Frontal	Fachada Lateral Derecha	Fachada Posterior	Fachada lateral izquierda	Cubierta																																				
Marzo Geometry <table><tr><th>hours</th><th>m²</th><th>%</th></tr><tr><td>0 - 1</td><td>4255</td><td>3</td></tr><tr><td>1 - 2</td><td>2443</td><td>1</td></tr><tr><td>2 - 3</td><td>2416</td><td>1</td></tr><tr><td>3 - 4</td><td>4610</td><td>3</td></tr><tr><td>4 - 5</td><td>9553</td><td>6</td></tr><tr><td>5 - 6</td><td>28857</td><td>17</td></tr><tr><td>6 - 7</td><td>67420</td><td>40</td></tr><tr><td>7 - 8</td><td>1711</td><td>1</td></tr><tr><td>8 - 9</td><td>2428</td><td>1</td></tr><tr><td>9 +</td><td>46231</td><td>27</td></tr><tr><td>Total</td><td>169924</td><td>100</td></tr></table>	hours	m²	%	0 - 1	4255	3	1 - 2	2443	1	2 - 3	2416	1	3 - 4	4610	3	4 - 5	9553	6	5 - 6	28857	17	6 - 7	67420	40	7 - 8	1711	1	8 - 9	2428	1	9 +	46231	27	Total	169924	100					
hours	m²	%																																							
0 - 1	4255	3																																							
1 - 2	2443	1																																							
2 - 3	2416	1																																							
3 - 4	4610	3																																							
4 - 5	9553	6																																							
5 - 6	28857	17																																							
6 - 7	67420	40																																							
7 - 8	1711	1																																							
8 - 9	2428	1																																							
9 +	46231	27																																							
Total	169924	100																																							
Abril Geometry <table><tr><th>hours</th><th>m²</th><th>%</th></tr><tr><td>0 - 1</td><td>3624</td><td>2</td></tr><tr><td>1 - 2</td><td>3088</td><td>2</td></tr><tr><td>2 - 3</td><td>12519</td><td>7</td></tr><tr><td>3 - 4</td><td>17179</td><td>10</td></tr><tr><td>4 - 5</td><td>7421</td><td>4</td></tr><tr><td>5 - 6</td><td>34552</td><td>20</td></tr><tr><td>6 - 7</td><td>18075</td><td>11</td></tr><tr><td>7 - 8</td><td>4696</td><td>3</td></tr><tr><td>8 - 9</td><td>20057</td><td>12</td></tr><tr><td>9 +</td><td>48713</td><td>29</td></tr><tr><td>Total</td><td>169924</td><td>100</td></tr></table>	hours	m²	%	0 - 1	3624	2	1 - 2	3088	2	2 - 3	12519	7	3 - 4	17179	10	4 - 5	7421	4	5 - 6	34552	20	6 - 7	18075	11	7 - 8	4696	3	8 - 9	20057	12	9 +	48713	29	Total	169924	100					
hours	m²	%																																							
0 - 1	3624	2																																							
1 - 2	3088	2																																							
2 - 3	12519	7																																							
3 - 4	17179	10																																							
4 - 5	7421	4																																							
5 - 6	34552	20																																							
6 - 7	18075	11																																							
7 - 8	4696	3																																							
8 - 9	20057	12																																							
9 +	48713	29																																							
Total	169924	100																																							
Noviembre Geometry <table><tr><th>hours</th><th>m²</th><th>%</th></tr><tr><td>0 - 1</td><td>23896</td><td>15</td></tr><tr><td>1 - 2</td><td>2703</td><td>2</td></tr><tr><td>2 - 3</td><td>5917</td><td>3</td></tr><tr><td>3 - 4</td><td>4501</td><td>3</td></tr><tr><td>4 - 5</td><td>7193</td><td>4</td></tr><tr><td>5 - 6</td><td>26416</td><td>15</td></tr><tr><td>6 - 7</td><td>22337</td><td>13</td></tr><tr><td>7 - 8</td><td>2885</td><td>2</td></tr><tr><td>8 - 9</td><td>4450</td><td>3</td></tr><tr><td>9 +</td><td>67626</td><td>40</td></tr><tr><td>Total</td><td>169924</td><td>100</td></tr></table>	hours	m²	%	0 - 1	23896	15	1 - 2	2703	2	2 - 3	5917	3	3 - 4	4501	3	4 - 5	7193	4	5 - 6	26416	15	6 - 7	22337	13	7 - 8	2885	2	8 - 9	4450	3	9 +	67626	40	Total	169924	100					
hours	m²	%																																							
0 - 1	23896	15																																							
1 - 2	2703	2																																							
2 - 3	5917	3																																							
3 - 4	4501	3																																							
4 - 5	7193	4																																							
5 - 6	26416	15																																							
6 - 7	22337	13																																							
7 - 8	2885	2																																							
8 - 9	4450	3																																							
9 +	67626	40																																							
Total	169924	100																																							

Torres del Río					
Meses	Fachada Frontal	Fachada Lateral Derecha	Fachada Posterior	Fachada lateral izquierda	Cubierta
Marzo Geometry hours m² % 0 - 1 4887 3 1 - 2 2992 2 2 - 3 2750 2 3 - 4 3896 2 4 - 5 7637 5 5 - 6 26659 17 6 - 7 60343 38 7 - 8 1896 1 8 - 9 2441 1 9 + 45461 29 Total 158962 100					
Abril Geometry hours m² % 0 - 1 4047 3 1 - 2 3163 2 2 - 3 12541 8 3 - 4 13546 8 4 - 5 7835 5 5 - 6 30603 19 6 - 7 16840 11 7 - 8 5634 4 8 - 9 16442 10 9 + 48261 30 Total 158962 100					
Noviembre Geometry hours m² % 0 - 1 20635 17 1 - 2 2105 2 2 - 3 5222 4 3 - 4 4400 3 4 - 5 5530 4 5 - 6 19187 16 6 - 7 19187 16 7 - 8 3744 3 8 - 9 3272 3 9 + 39120 32 Total 122402 100					



ANEXO 3

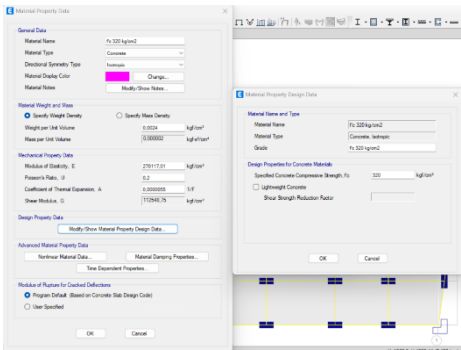
Resultados 3: Microclima análisis en SOFWART REVIT + AUTODEST FORMA (año de análisis 2024)

Microclima					
Edificios	Marzo		Abril		Noviembre
La Previsora	Statistics Ground 43 % 52 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 95 % Moderate heat stress 5 % Roof 20 % 80 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 100 % 	Ground 1 % 84 % 15 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 93 % Moderate heat stress 7 % Roof 11 % 9 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 67 % Moderate heat stress 33 % 	Ground 3 % 53 % 44 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 92 % Moderate heat stress 8 % Roof 26 % 74 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 96 % Moderate heat stress 4 % 		
Torres la Merced	Ground 1 % 84 % 15 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 93 % Moderate heat stress 7 % Roof 11 % 9 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 67 % Moderate heat stress 33 % 	Ground 1 % 84 % 15 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 93 % Moderate heat stress 7 % Roof 11 % 9 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 67 % Moderate heat stress 33 % 	Ground 1 % 84 % 15 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 93 % Moderate heat stress 7 % Roof 11 % 9 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 67 % Moderate heat stress 33 % 		
Torres del Río	Ground 85 % 15 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 96 % Moderate heat stress 4 % Roof 2 % 93 % 5 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 79 % Moderate heat stress 21 % 	Ground 1 % 97 % 3 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 80 % Moderate heat stress 20 % Roof 4 % 90 % 6 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 67 % Moderate heat stress 33 % 	Ground 91 % 9 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 95 % Moderate heat stress 5 % Roof 1 % 96 % 3 % Thermal comfort indices (UTCI) Strong heat stress 67 % Moderate heat stress 33 % 		

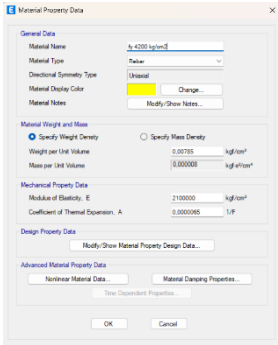
ANEXO 4

Resultados 4: Análisis estructural – La Previsora

Hormigón

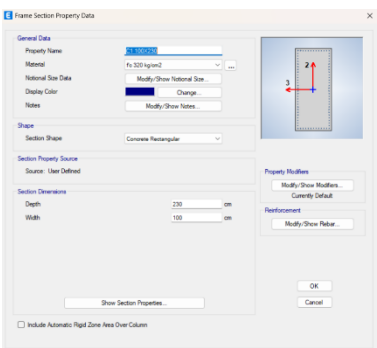


Acero



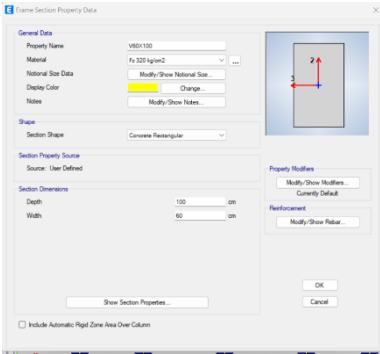
Columna

Secciones- C1 100X230

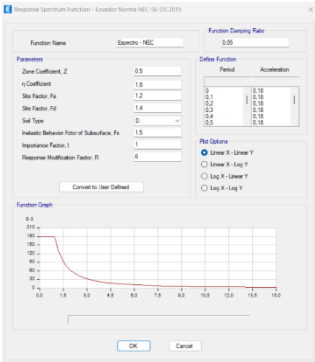


Viga

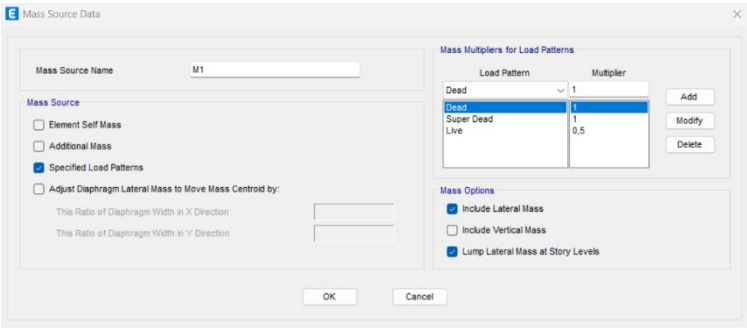
v60X100



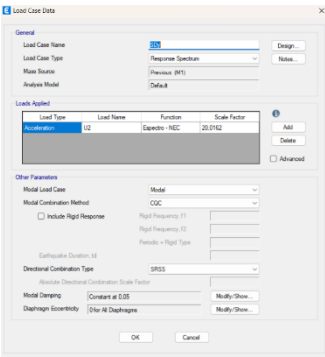
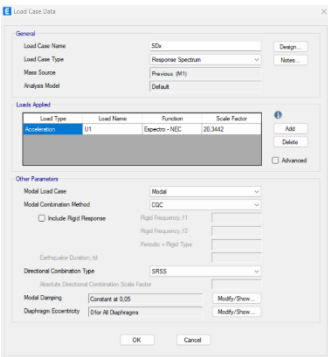
Espectro



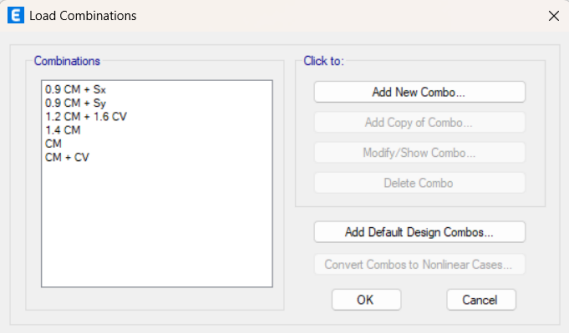
Masas actuantes



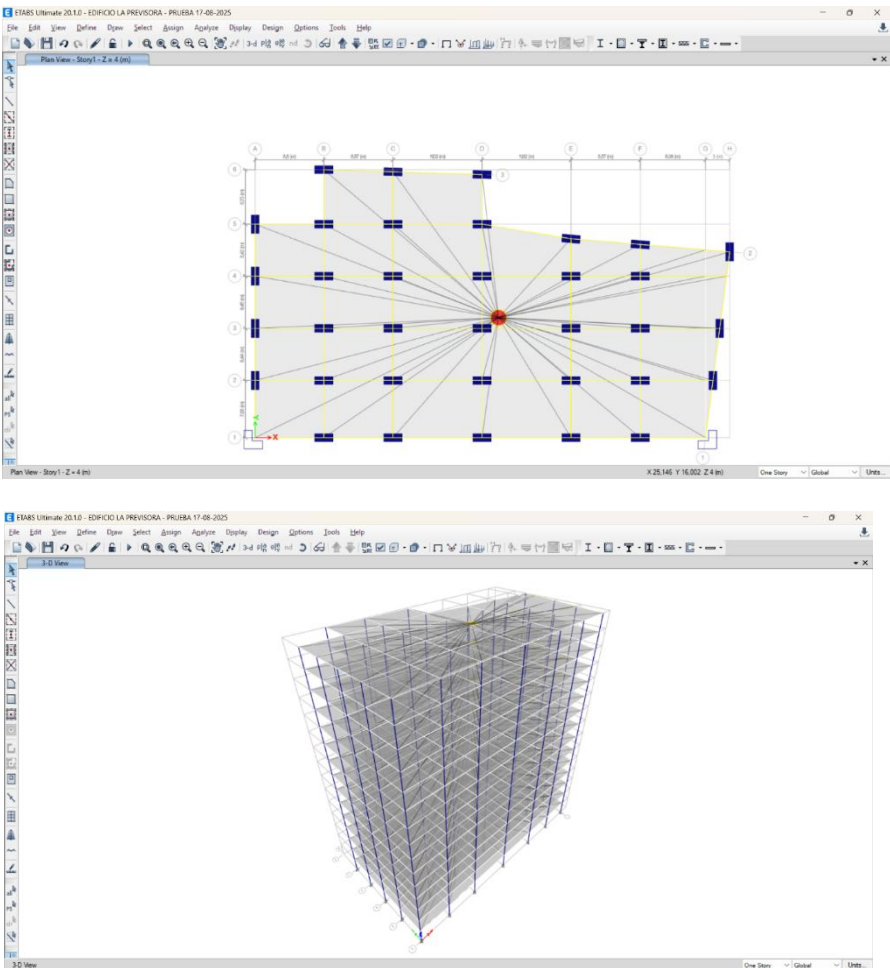
Acción sísmica



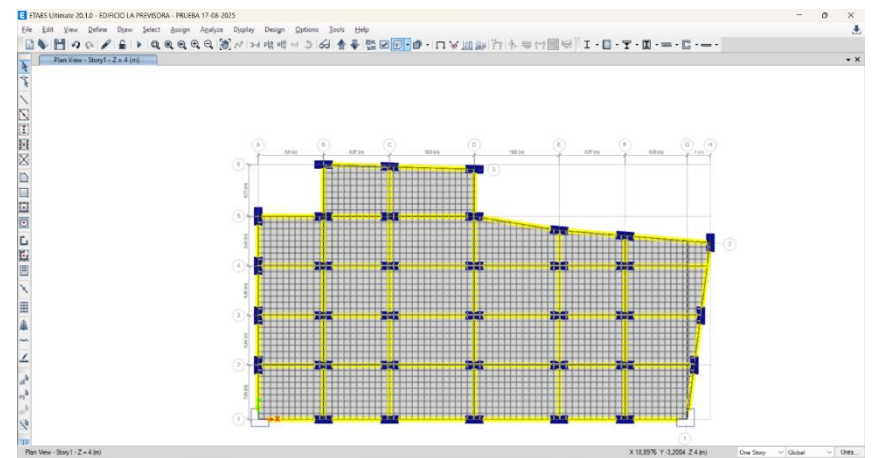
Combinación de cargas



Diafragma

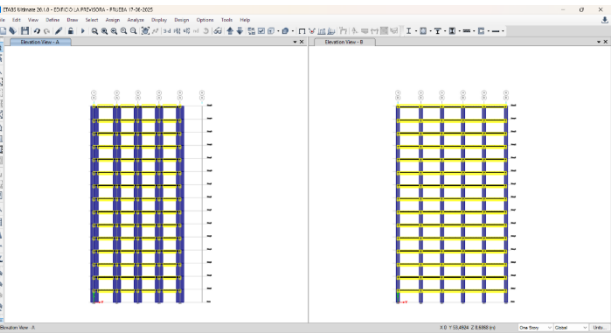


Vista en planta

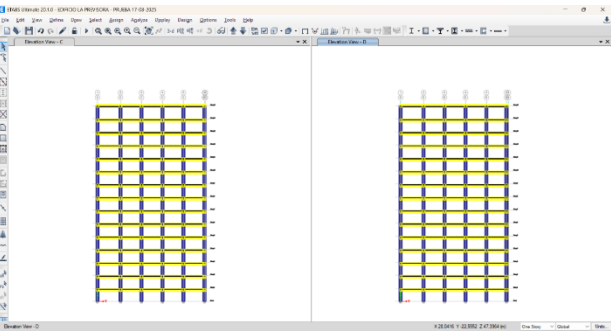


Vista en elevación

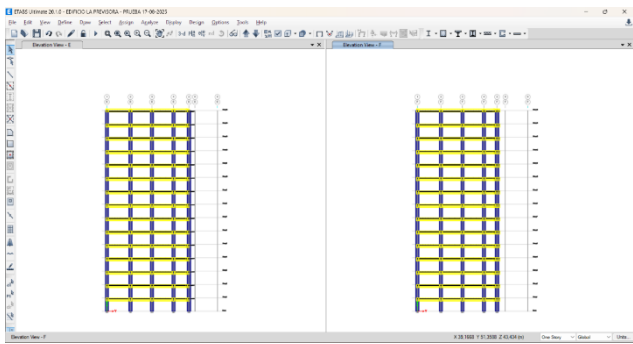
Eje A-B



Eje C-D

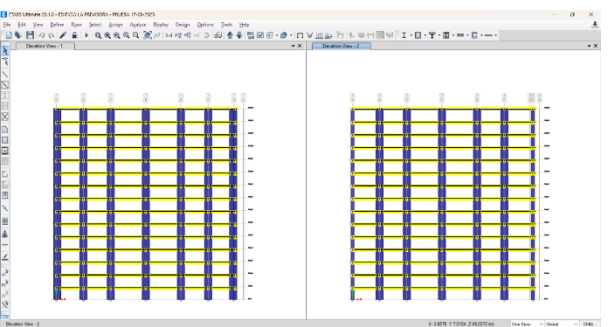


Eje E-F

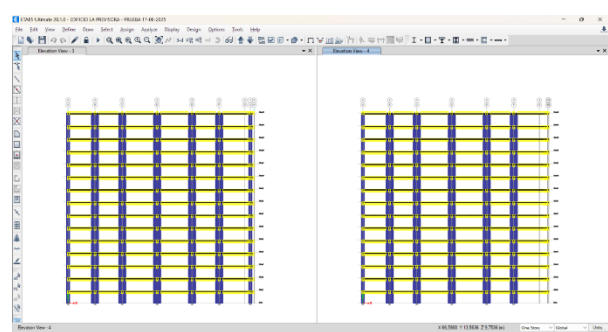


Vista en elevación

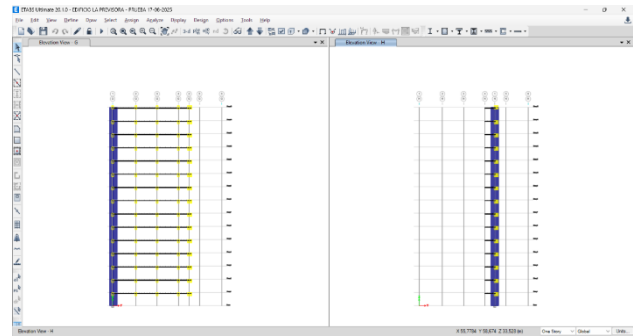
Eje 1-2



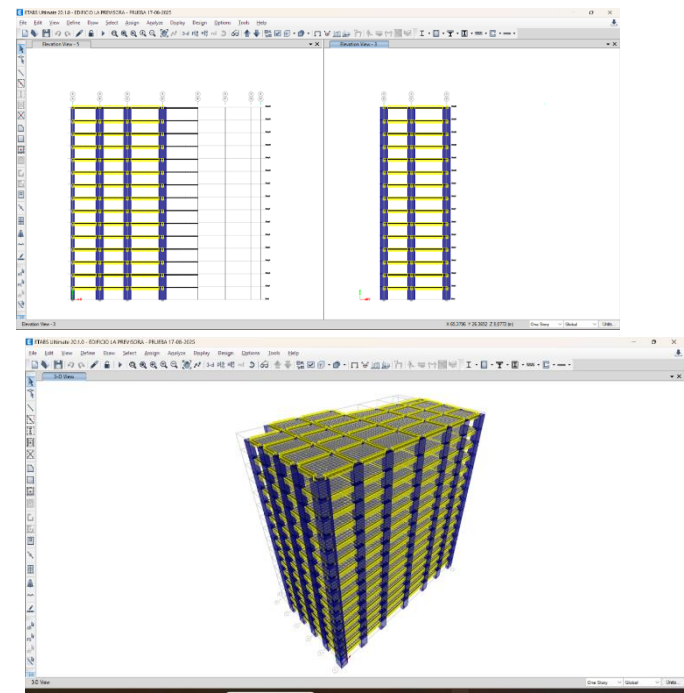
Eje 3-4



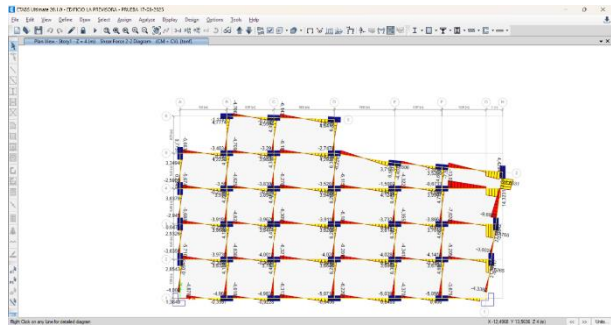
Eje G-H



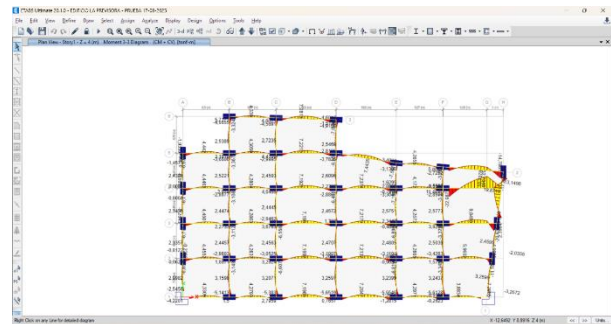
Eje 5-6



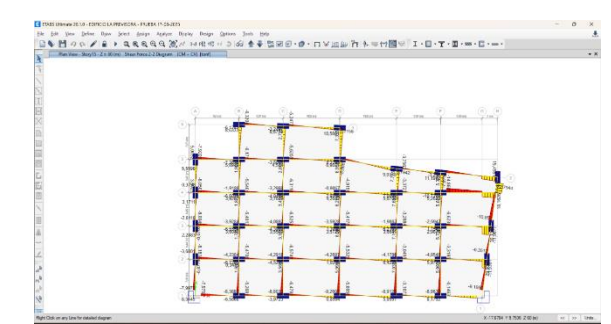
NIVEL 1 CM-SCM (CORTE 2-2)



Momento 3-3



NIVEL 15 (Corte 2-2)



Momento 3-3

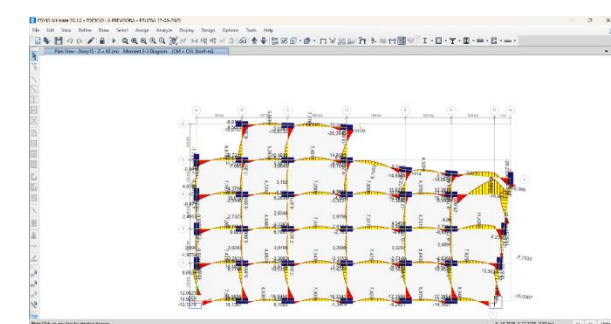


Diagrama axial (Eje 3- eje d)

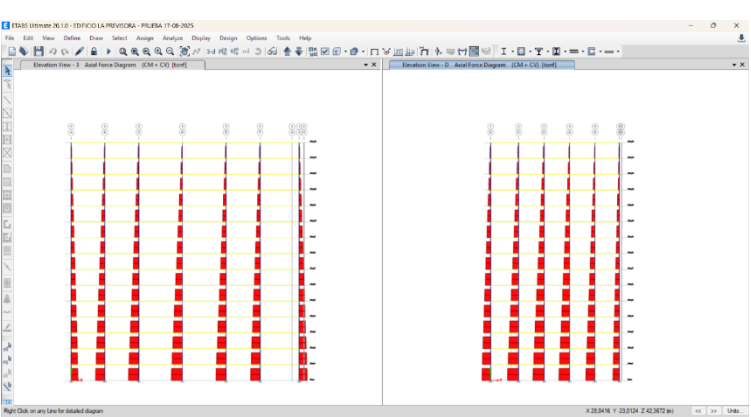


Diagrama axial corte sismo x (Eje 3- eje d)

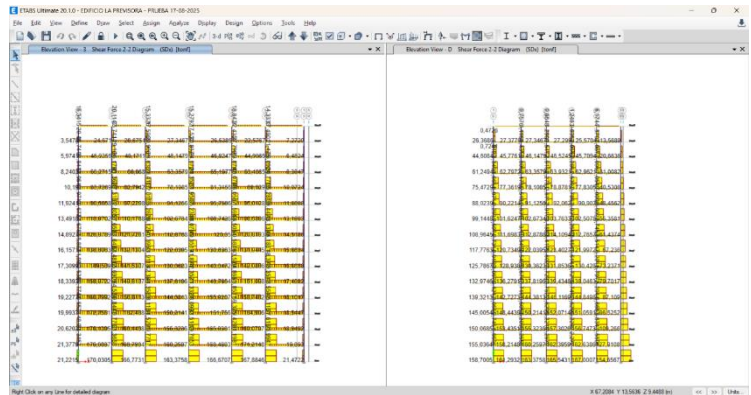
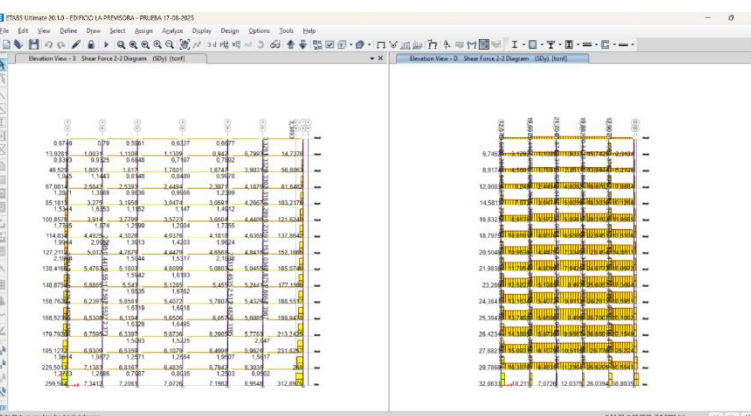
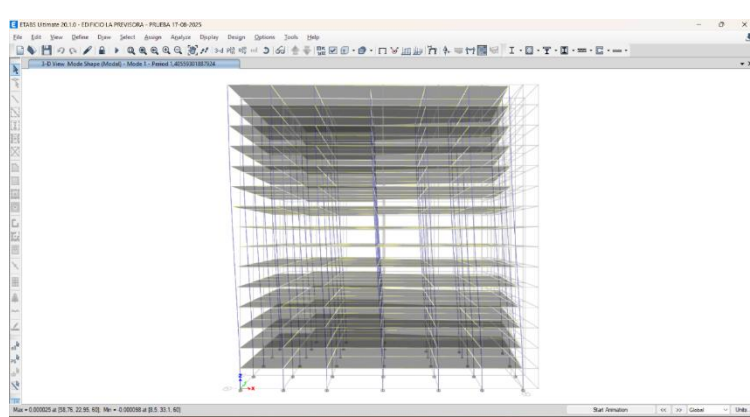


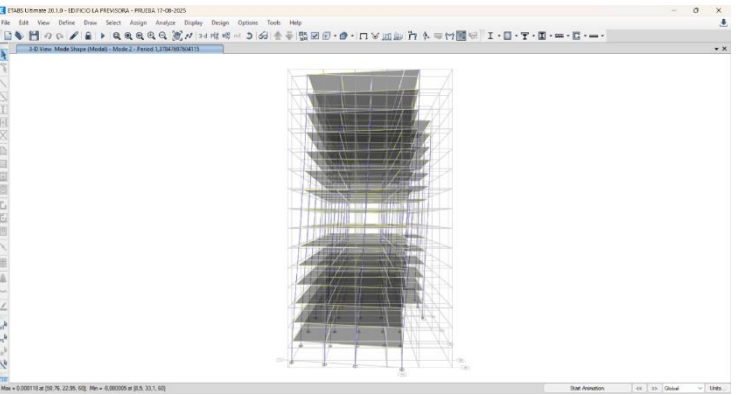
Diagrama axial corte sismo y (Eje 3- eje d)



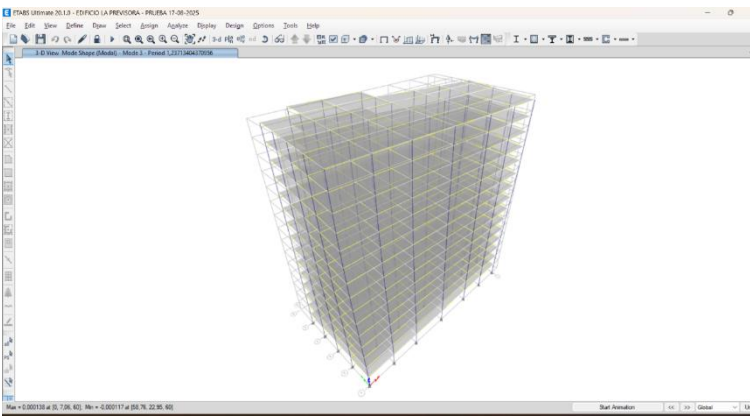
Modo de vibración 1: Periodo 1.4s



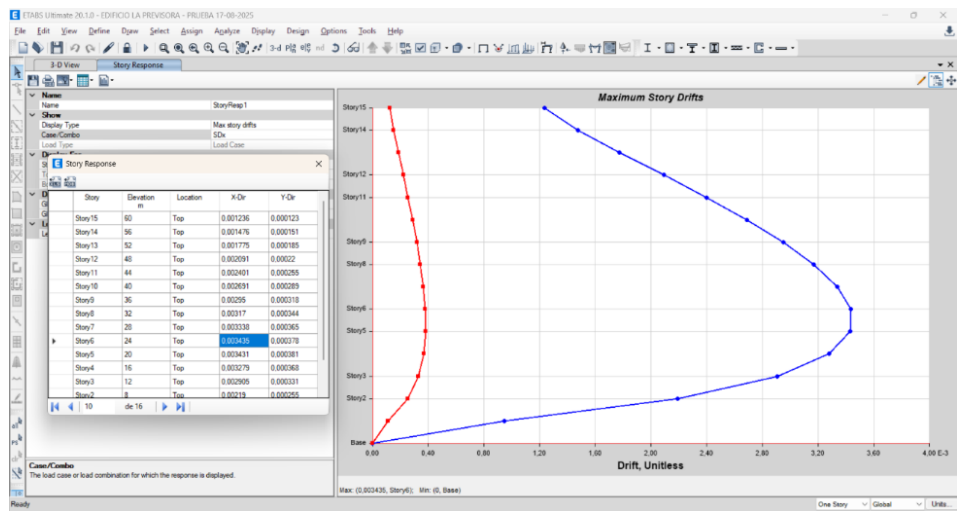
Modo de vibración 2: Periodo 1.38s



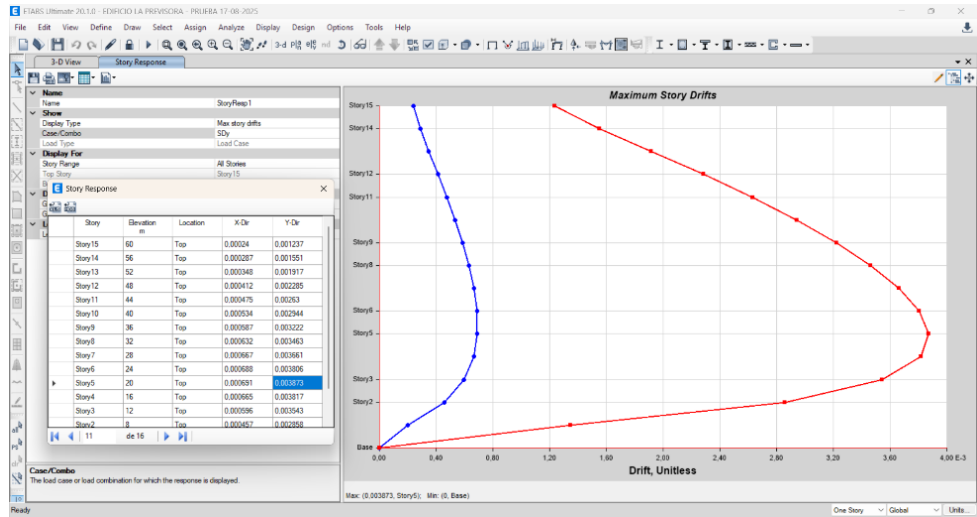
Modo de vibración 3: Periodo 1.23s



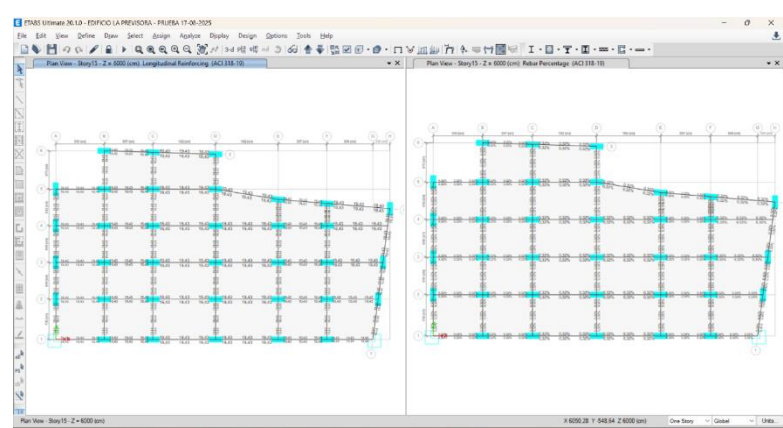
Derivadas X



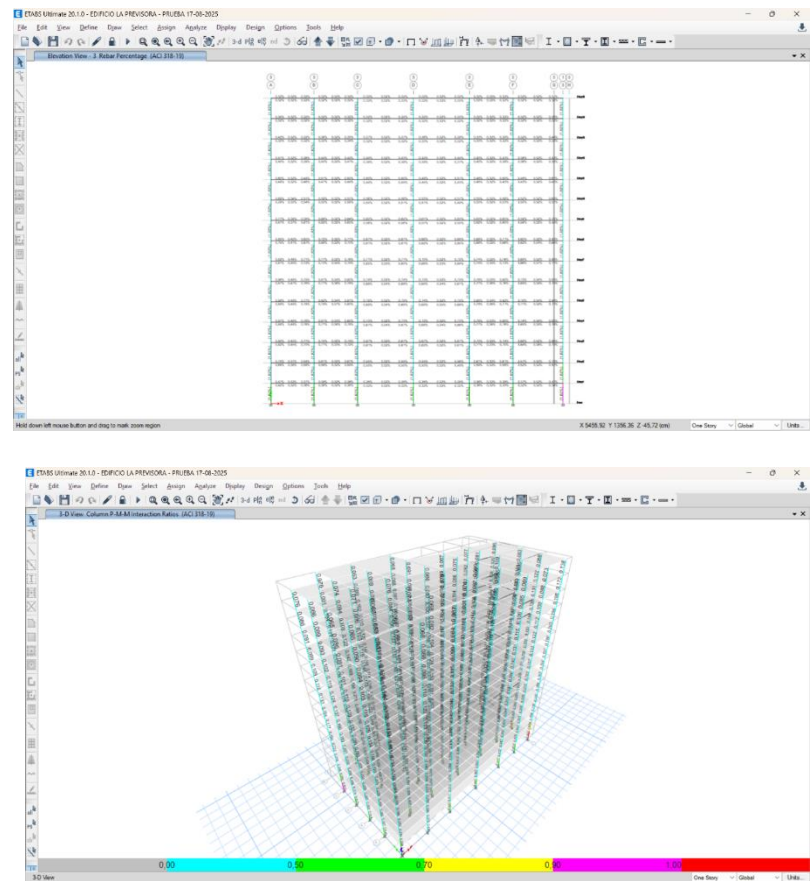
Derivadas Y



Acero estructural en vigas



Columnas refuerzo longitudinal



Hormigón

Material Property Data

General Data

Material Name:
Pa 280 (typical)

Material Type:
Aluminum

Desired Orientation Type:
Random

Material Display Color:

Change

Material Status:
Ready To Show Tables

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density:
0.00031

☐ Specify Mass Density:

Weight per Unit Volume:
0.000002
lb/in³

Weight per Unit Volume:
0.000002
lb/in³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E:
208113.0

Poisson's Ratio, ν:
0.2

Coefficient of Thermal Expansion, α:
0.000005
1/°F

Shear Modulus, G:
102679.2
lb/in²

Design Property Data

☒ Show Material Property Design Data:

☐ Show Design Properties:

Advanced Material Property Data

☒ Test Specimen Properties:

☐ Test Specimen Properties:

Modules of Gaps for Coated Elements

☐ Progress Dialog: Based on Concrete Slab Design Dialog

☐ User Specified

OK Cancel

Material Property Data

General Data

Material Name: A4-2000 kg/cm3

Material Type: Elastic

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: [Yellow Swatch] Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

☒ Specify Weight Density: 0.00785 kg/cm3

☐ Specify Mass Density: 0.0000000 kg/dm3

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2100000 kgf/cm2

Coefficient of Thermal Expansion, Alpha: 0.0000005

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

OK Cancel

Secciones- C1 100X230

Section Properties

General Data

Property Name: G2 104135

Material: A3 200 kg/m2

Natural Size Data: Modify Show Natural Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify Show Notes...

Shape

Concrete Rectangular

Section Properties Summary

Depth: 100 mm

Width: 75 mm

Show Section Properties...

Help

Shell Uniform Load Set Data

Uniform Load Set Name: NIVEL 1 - 25

Load Set Loads

Load Pattern	Load Value (kgf/m ²)
Super Load	320
Live	240

Note: Loads are in the gravity direction.

Buttons: Add, Delete, OK, Cancel

V25x40

Shell Uniform Load Set Data

Uniform Load Set Name: TERRAZA

Load Set Loads

Load Pattern	Load Value (g/km ²)
Super Dead	140
Live	480

Add Delete

Note: Loads are in the gravity direction.

OK Cancel

General Data

Property Name: V25140

Material: A333 Ispn2

National Size Data: Modify/Show National Size

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes

Shape: Concrete Rectangular

Section Shape: Concrete Rectangular

Property Source: Source - User Defined

Section Dimensions

Depth: 50 mm

Width: 35 mm

Properties

Modify/Show Properties

Currently Default

Reinforcement

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

☐ Include Automatic Right Zone Area Over Columns

Mass Source Data

Mass Source Name: M1

Mass Source

- ☐ Element Self Mass
- ☐ Additional Mass
- ☒ Specified Load Patterns

☐ Adjust Diaphragm Lateral Mass to Move Mass Centroid by:

This Ratio of Diaphragm Width in X Direction:

This Ratio of Diaphragm Width in Y Direction:

Mass Multipliers for Load Patterns

Load Pattern	Multiplier
Dead	1
Live	1
Super Dead	0.5

Buttons: Add, Modify, Delete

Mass Options

- ☒ Include Lateral Mass
- ☐ Include Vertical Mass
- ☒ Lump Lateral Mass at Story Levels

Buttons: OK, Cancel

Load Case Data

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Notes...

Mass Source:

Analysis Method:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Reaction	Scale Factor
Accelerations	11	Respect - NEC	48.703

☐ Advanced

Other Parameters

Model Load Case:

Model Combination Method:

☐ Include Rigid Response

Earthquake Duration, M:

Decisional Combination Type:

Allowable Decisional Combination Scale Factor:

Model Damping:

Diaphragm Eccentricity:

E Load Combinations

Combinations

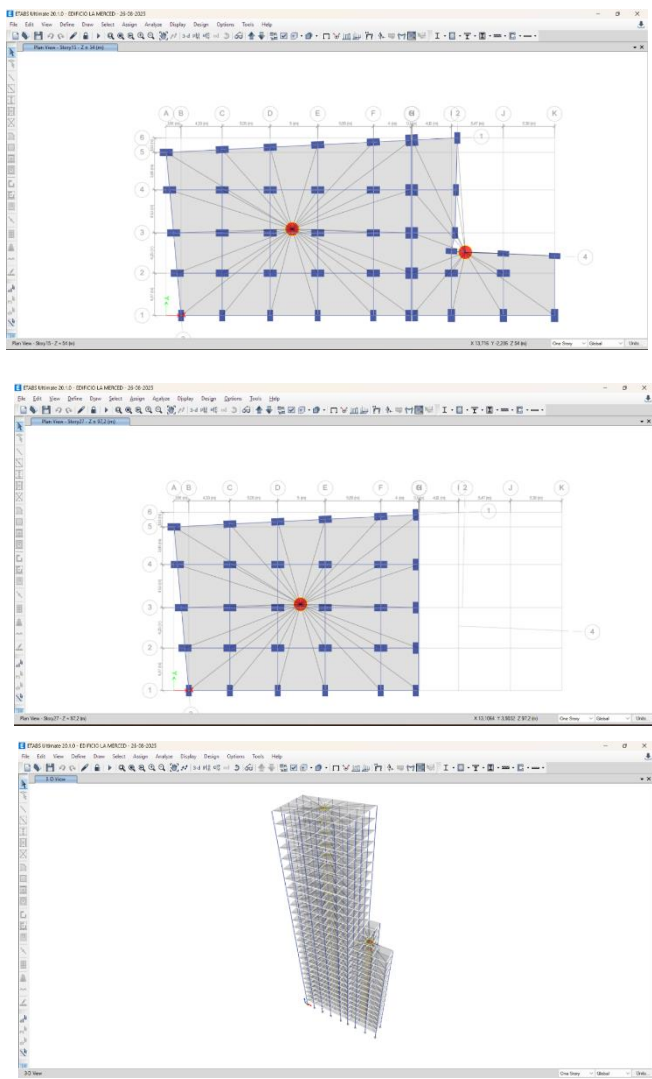
- 0.9 CM + Sx
- 0.9 CM + Sy
- 1.2 CM + 1.6 CV
- 1.4 CM
- CM
- CM + CV

Click to:

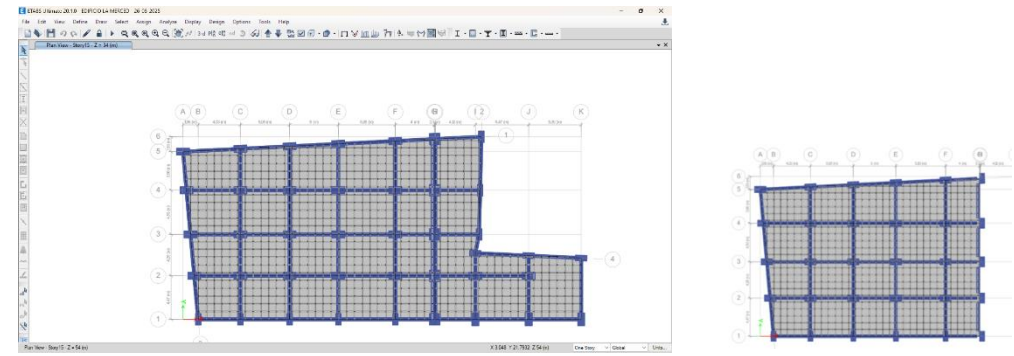
- Add New Combo...
- Add Copy of Combo...
- Modify/Show Combo...
- Delete Combo
- Add Default Design Combos...
- Convert Combos to Nonlinear Cases...

OK Cancel

Diafragma

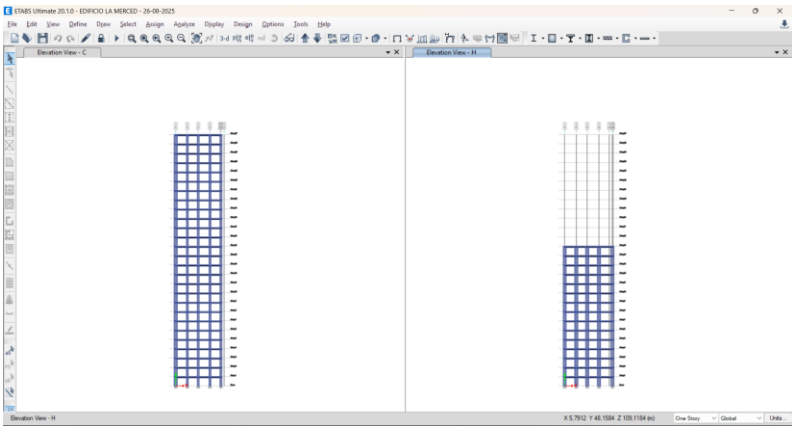


Vista en planta

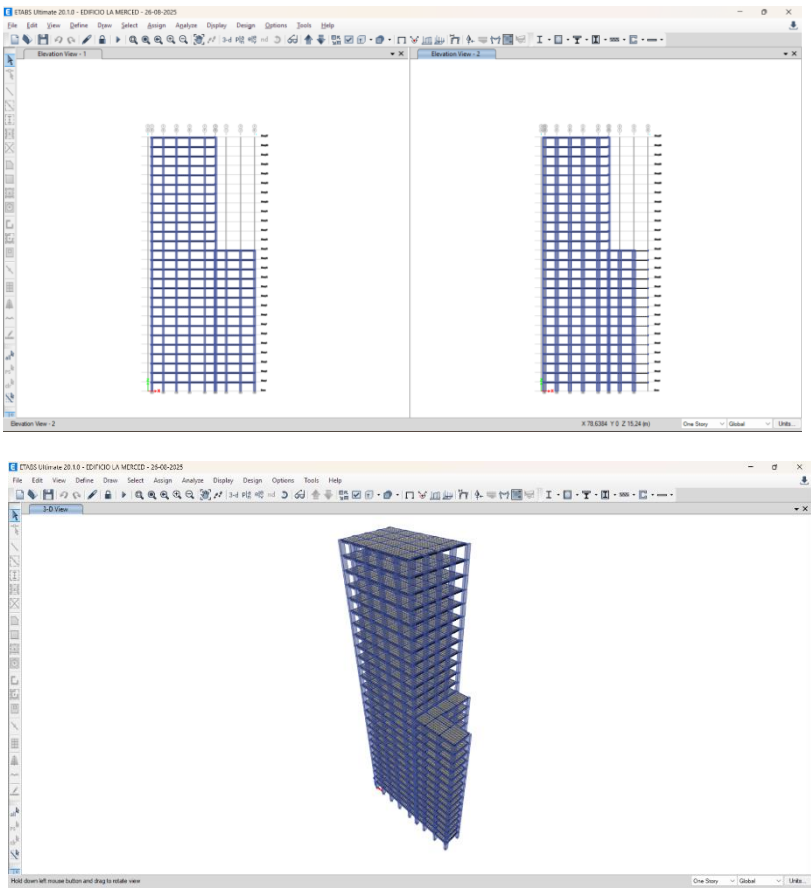


Vista en elevación

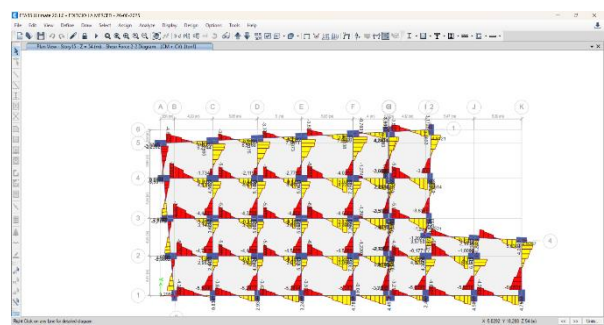
Eje C-H



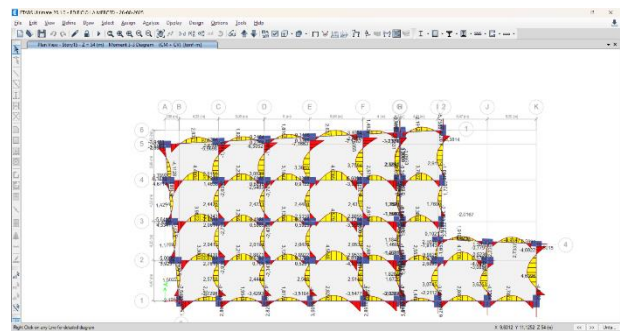
Eje 1-2



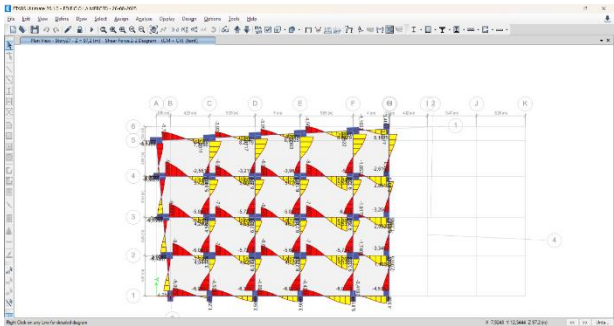
NIVEL 15 CM-SCM (CORTE 2-2)



Momento 3-3



NIVEL 27 (Corte 2-2)



Momento 3-3

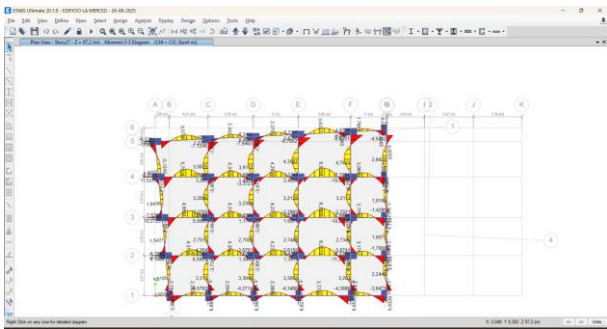


Diagrama axial (Eje 3- eje d)

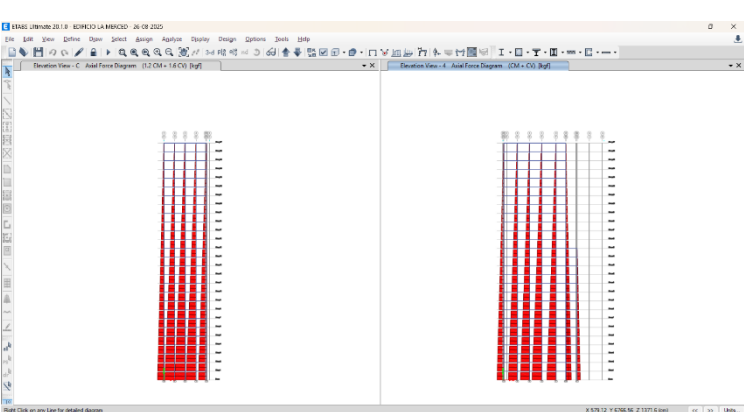


Diagrama axial corte sismo x (Eje C- eje 4)

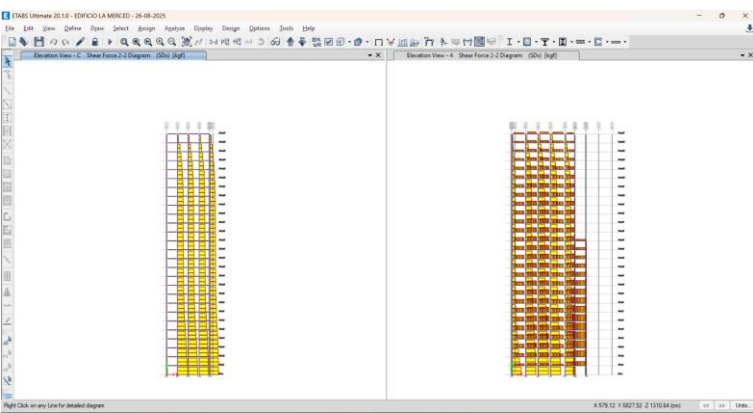
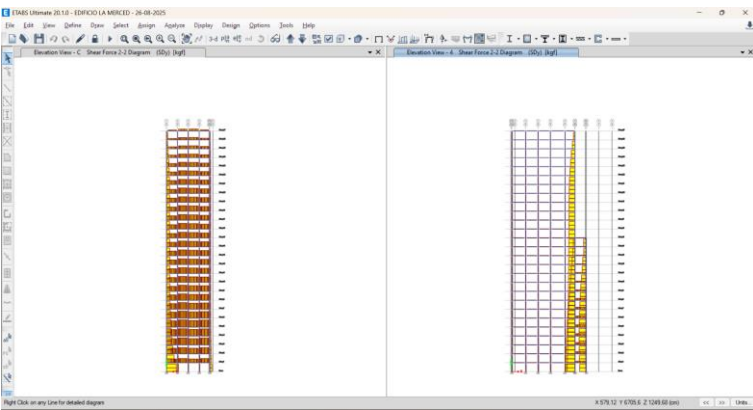
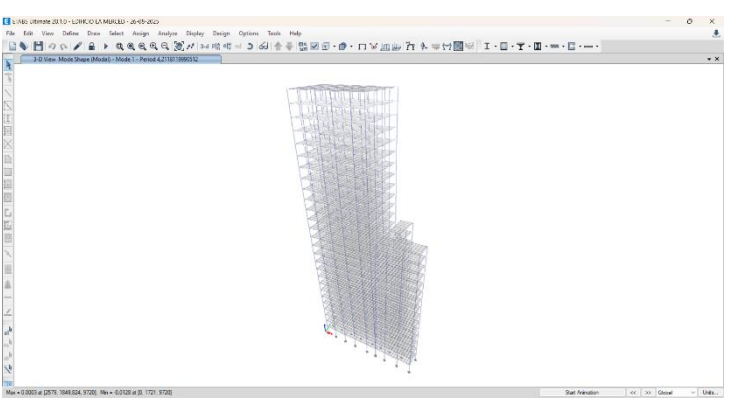


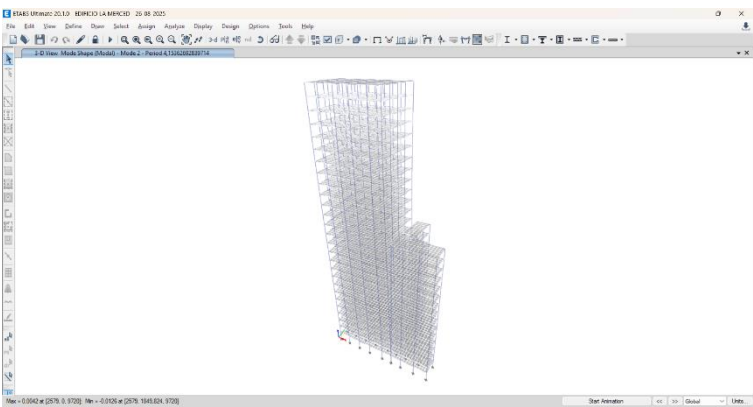
Diagrama axial corte sismo y (Eje 3- eje d)



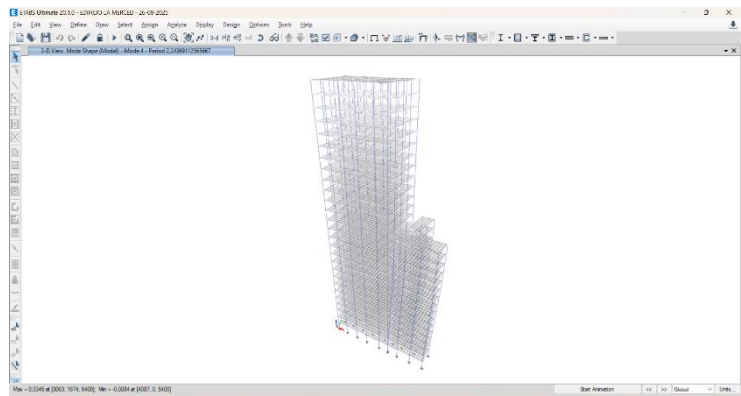
Modo de vibración 1: Periodo 1.21s



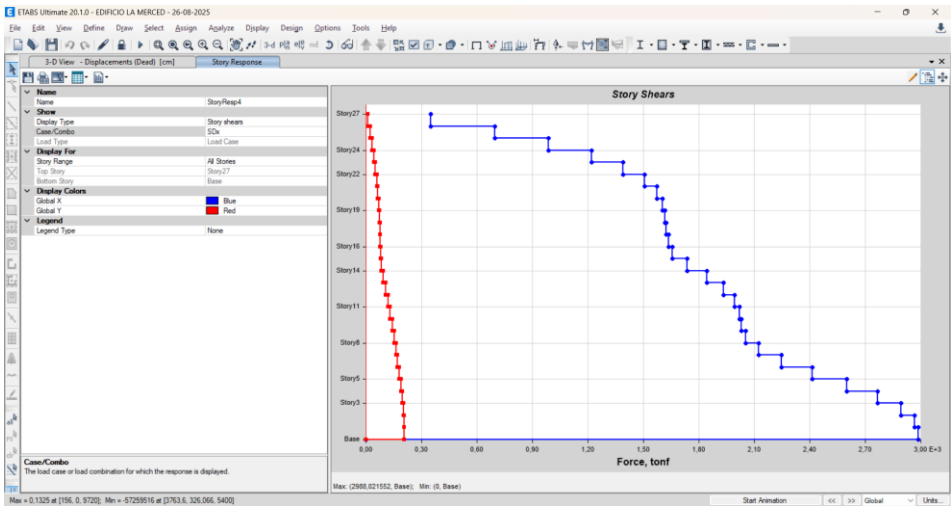
Modo de vibración 2: Periodo 1.15s



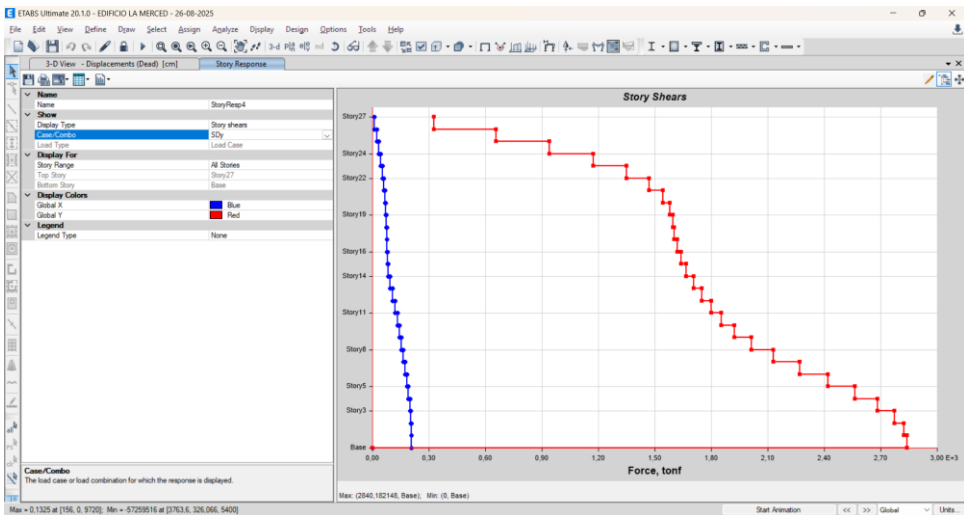
Modo de vibración 4: Periodo 3: 2.23 s



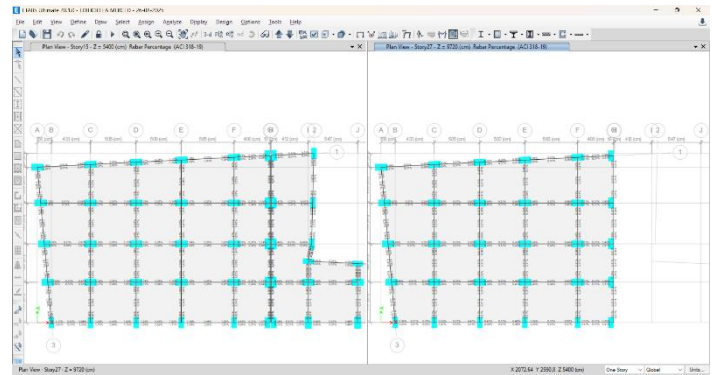
Derivadas X



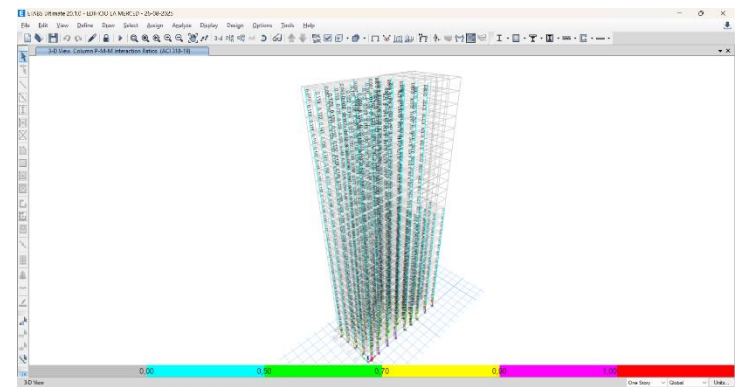
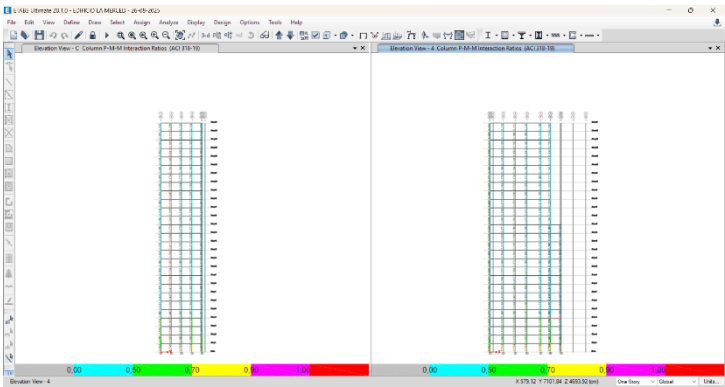
Derivadas Y



Acero estructural en vigas



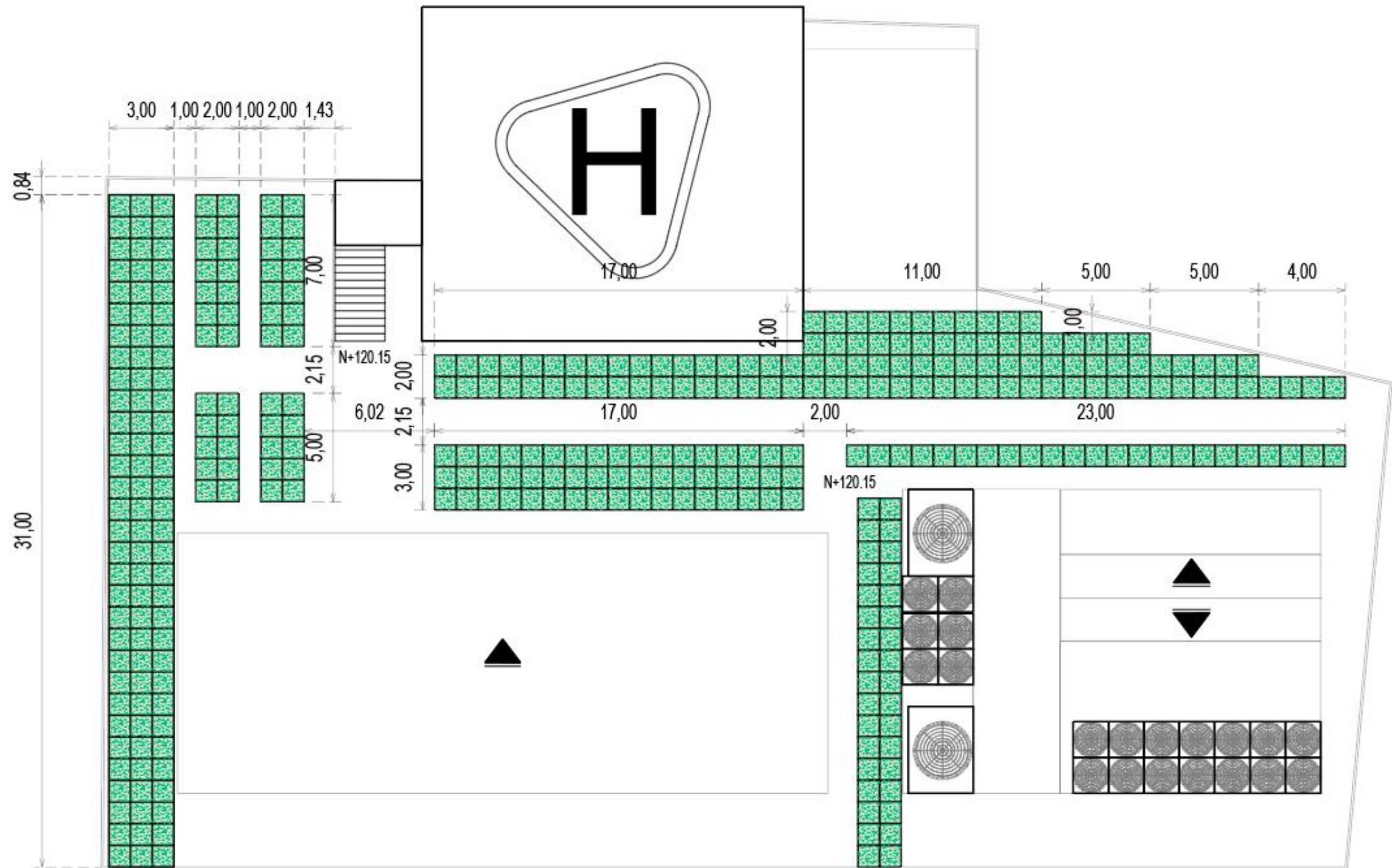
Columnas refuerzo longitudinal



PLAN MAESTRO



CÓDIGO:
001

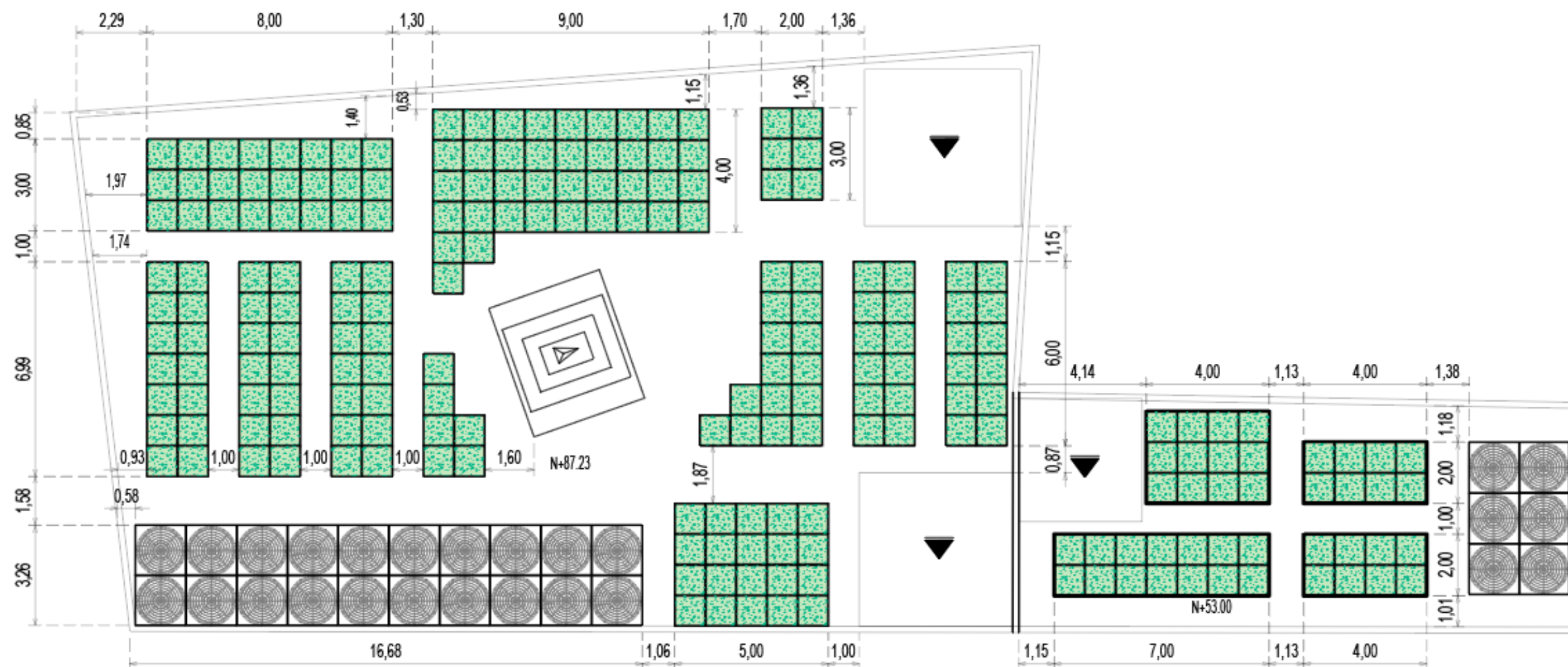


PLANTA DE CUBIERTA N+120.15
Escala: 1:250

SIMBOLOGÍA	
	PROTOTIPO TERRAZA VERDE 1.00x1.00x0.25
	COMPRESOR DE AACC EXISTENTES



CÓDIGO:
002



PLANTA DE CUBIERTA
Escala: 1:150

SIMBOLOGÍA	
	PROTOTIPO TERRAZA VERDE 1.00x1.00x0.26
	COMPRESOR DE AAC EXISTENTES

CÓDIGO:
003



PLANTA DE CUBIERTA

Escala: 1:175

SIMBOLOGÍA	
	PROTOTIPO TERRAZA VERDE 1.00x1.00x0.25
	COMPRESOR DE AACC EXISTENTES

 Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar	MAESTRÍA EN CAMBIO CLIMÁTICO		TIPO DE TERRAZA: TERRAZA EXTENSIVA	TIPO DE VEGETACIÓN: ARACHIS PINTOI (MANÍ FORRAJERO)	
	PROYECTO DE TESIS: TERRAZAS VERDES URBANAS COMO MEDIDA DE MITIGACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LAS ISLAS DE CALOR EN GUAYAQUIL		ESPECIFICACIÓN: BAJO MANTENIMIENTO Y DE CONSUMO HIDRICO	ÁREA TOTAL VEGETAL: 328.99m2	
	NOMBRE DEL EDIFICIO: TORRES DEL RÍO			ÁREA TOTAL DE CUBIERTA: 1310.67m2	